UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1935-1936. — N° 131

LES

VERRES COLORÉS

EN OPHTALMOLOGIE

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement le mercredi 22 juillet 1936

PAR

Albert Marie ROLLAND

Élève du Service de Santé de la Marine

Né à PLOUZANÉ (Finistère), le 30 avril 1910

Examinateurs de la Thèse

MM. TEULIÈRES, professeur..... *Président*

C. SIGALAS, professeur.....

BEAUVIEUX, agrégé..... } *Juges*

WANGERMEZ, agrégé.....

BORDEAUX

IMPRIMERIE-LIBRAIRIE DELMAS

6, Place Saint-Christoly

1936

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1935-1936. — N° 131

LES

VERRES COLORÉS

EN OPHTALMOLOGIE

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement le mercredi 22 juillet 1936

PAR

Albert Marie ROLLAND

Élève du Service de Santé de la Marine

Né à PLOUZANÉ (Finistère), le 30 avril 1910

Examinateurs de la Thèse

MM. TEULIÈRES, professeur..... *Président*

C. SIGALAS, professeur.....

BEAUVIEUX, agrégé ..... *Juges.*

WANGERMEZ, agrégé. .....

BORDEAUX

IMPRIMERIE-LIBRAIRIE DELMAS

6, Place Saint-Christoly

1936

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

DOYEN : M. MAURIAC.

ASSESSEUR : M. LABAT.

DOYEN HONORAIRE : M. C. SIGALAS.

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. POUSSON, MOURE, RIVIÈRE, BARTHE, DENIGÈS, BEILLE, CASSAËT, CHAVANNAZ, PACHON.

PROFESSEURS :

	MM.		MM.
Clinique médicale	MAURIAC.	Zoologie et parasitologie	MANDOUL
id.	DUPÉRIÉ.	Médecine expérimentale	AUBERTIN.
Clinique chirurgicale	BÉGOUIN.	Clinique ophtalmologique	TEULIÈRES
Clinique chirurgicale et gynécologique	GUYOT.	Clinique chirurg. infantile et orthopédie	ROCHER.
Pathologie et thérapeutique générales	CARLES.	Clinique méd. des maladies des enfants	CRUCHET.
Clinique d'accouchements	ANDÉRODIAS.	Chimie biologique et médicale	DELAUNAY
Anatomie pathol. et microscopie clinique	SABRAZÈS.	Physique médicale et pharmaceutique	C. SIGALAS.
Anatomie	VILLEMIN	Médec. coloniale et clin. des mal. exotiques	BONNIN.
Anatomie générale et histologie	G. DUBREUIL.	Clinique des malad. cutanées et syphilitiques	PETGES.
Hygiène	LEURET.	Clinique des maladies des voies urinaires	DUVERGEY
Médecine légale et déontologie	LANDE.	Clinique des malad. nerveuses et mentales	ABADIE.
Electroradiologie et clin. d'électricité médic.	RÉCHOU.	Clinique d'oto-rhino-laryngologie	PORTMANN
Chimie	CHELLE.	Toxicologie et hygiène appliquée	LABAT.
Botanique et matière médicale	GOLSE.	Hydrologie thérapeutique et climatologie	CREYX
Pharmacie	DUPOUY.	Clinique dentaire	DUBECQ.

MM. LACOSTE (Histologie). PERY (Obstétrique). PERRENS (Maladies mentales). PAPIN (Chirurgie générale). R. SIGALAS (Parasitologie et sciences naturelles). JEANNENEY (Chirurgie générale).

AGRÉGÉS EN EXERCICE :

	MM.		MM.
Anatomie	N.	Chirurgie générale	CHARRIER.
id.	DUFOUR.	id.	LOUBAT.
Physiologie	FABRE.	Obstétrique	RIVIÈRE
Médecine générale	DAMADE.	Ophtalmologie	BEAUVIEUX.
id.	PIÉCHAUD.	Oto-rhino-laryngologie	DESPONS.
id	DELMAS-MARSALET.	Dermatologie et syphiligraphie	JOULIA.
id.	DE GRAILLY.	Physique médicale	WANGERMEZ.
id.	FONTAN.	Chimie générale pharmaceut. et toxicologie	VITTE

COURS COMPLÉMENTAIRES :

	MM.		MM
Physiologie	FABRE.	Zoologie et parasitologie	R. SIGALAS.
Médecine opératoire	PAPIN.	Physique médicale et pharmaceut que	WANGERMEZ.
Accouchements	RIVIÈRE.	Botanique	GIRARD.
Pathologie médicale	DELMAS-MARSALET.	Médecine légale	DERVILLÉE.
Puériculture	FAUGÈRE.	Bactériologie	MOUREAU.
Pharmacie chimique	VITTE.	Urologie	DARGET.

Ophtalmologie ..... MM. CABANNES (en congé).

Orthopédie chez l'adulte, pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes. N.

Le Secrétaire de la Faculté : ROUGERIE.

Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les Thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle entend ne leur donner ni approbation ni improbation.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

A LA MEMOIRE DE MES PARENTS

A MA SOEUR

A MA FIANCEE

AUX MIENS

A MES CAMARADES DE L'ECOLE DE SANTE NAVALE

A MES PROFESSEURS
DE L'ECOLE ANNEXE DE MEDECINE NAVALE
DE BREST

A MES PROFESSEURS
DE L'ECOLE DE SANTE NAVALE

A MES MAITRES DE LA FACULTE ET DES HOPITAUX

A MES JUGES

A Monsieur le Médecin général CAZAMIAN

Directeur de l'Ecole principale du Service de Santé de la Marine et des Troupes coloniales.
Officier de la Légion d'honneur,
Officier de l'Instruction publique

A Monsieur le Médecin en chef BRUN

Sous-directeur de l'Ecole principale du Service de Santé de la Marine et des Troupes coloniales.
Officier de la Légion d'honneur,
Croix de guerre,
Officier de l'Instruction publique.

A Monsieur EXPERT

Opticien à Bordeaux,
Diplômé de l'Enseignement technique de la Seine.

Qui nous a toujours reçu avec la plus grande amabilité et qui a toujours fait son possible pour nous fournir les renseignements que nous lui avons demandés.

A Monsieur BASSET

Chef du Laboratoire de physique médicale et pharmaceutique de la Faculté de Bordeaux.

Qui nous a rendu de grands services dans l'examen, au spectrographe, des verres colorés.

A Monsieur le Professeur C. SIGALAS

Doyen honoraire de la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Bordeaux
Professeur de Physique médicale et pharmaceutique,
Membre du Conseil supérieur de l'Instruction publique
et du Conseil supérieur de l'Assistance publique,
Correspondant national de l'Académie de Médecine,
Commandeur de la Légion d'honneur,
Officier de l'Instruction publique.

Qui a bien voulu nous permettre l'entrée de son laboratoire et qui nous a guidé de ses conseils.

A NOTRE PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur M. TEULIERES

Professeur de Clinique ophtalmologique
à la Faculté de Médecine de Bordeaux.
Officier de la Légion d'honneur,
Officier de l'Instruction publique.

Qui nous inspira le sujet de ce travail.

Qu'il nous soit permis de lui exprimer notre respectueuse reconnaissance pour la grande sollicitude et l'extrême bienveillance qu'il nous a témoignées en toute circonstance et pour le grand honneur qu'il nous fait en présidant notre thèse.

LES

VERRES COLORÉS

EN OPHTALMOLOGIE

INTRODUCTION

La première mention de verres colorés que nous trouvons dans la littérature ancienne est de Pline. Cet auteur rapporte que Néron regardait les combats de gladiateurs muni d'une émeraude monoculaire. Sans entrer dans la discussion de savoir si cette gemme, peut-être concave, corrigeait la myopie dont était atteint l'empereur, nous sommes certain qu'elle adoucissait et reposait sa vue. N'oublions pas que ces jeux se déroulaient en plein soleil, tout comme aujourd'hui les courses de taureaux.

Les anciens connaissaient aussi les propriétés bienfaisantes du scarabée vert, mais peu nombreux étaient les privilégiés qui pouvaient se procurer ces pierres précieuses, d'un prix très élevé.

Après Néron, la décadence de Rome, l'invasion des Barbares, les guerres perpétuelles expliquent le peu de souci qu'on prenait à soulager la vue.

En Chine, on se serait servi des verres colorés depuis fort longtemps, et Davis raconte que « pour affronter l'éclat du

soleil, les Chinois font usage d'un minéral qu'ils appellent tcha chi ou pierre à thé, à cause de la ressemblance qui existe entre sa couleur transparente et celle d'une faible infusion de thé noir. C'est probablement du quartz fumeux ou bien du silex allié au cairngoran d'Ecosse ».

Jusqu'à la fin du XIII^e^ siècle, les médecins étaient absolument ignorants sur l'anatomie et la physiologie de l'œil. Les barbiers et les charlatans étaient les seuls à s'occuper du traitement des affections oculaires : ils vendaient des poudres diversement colorées pour les lésions douloureuses, des amulettes pour protéger la vue; ils opéraient tout aussi bien la cataracte que la hernie et la pierre, mais cet abus insolent de la crédulité publique se terminait souvent par la bastonnade, incident qui ne les empêchait pas de renouveler leurs audaces dans une ville voisine.

A la fin du XIII^e^ siècle, époque à laquelle apparaissent les lunettes, on commence à s'occuper de la protection de la vue : c'est Arnold de Villeneuve, Professeur à Montpellier, qui conseille l'usage du masque noir contre l'éclat de la neige et de se couvrir les yeux d'objets autant que possible transparents. Deça de Valdes prône les conservatrices colorées, et en particulier vertes, pour adoucir la vue, mais il prohibe les teintes qui tirent sur le jaune et sur le rouge. C'est surtout à la Renaissance que nous devons de voir la couleur verte à l'honneur, les théories des anciens devenaient, en effet, des dogmes, d'où le retour à la mode de l'émeraude de Néron. Cet empirisme, basé sur l'Histoire et sur la notion que le vert est la couleur dont la nature entière se pare dans ses beaux jours, a dominé l'oculistique jusqu'au début du XIX^e^ siècle. A cette époque encore, dans les hôpitaux, les salles d'opthalmologie sont peintes en vert, les rideaux verts, pas un malade sans un garde-vue vert.

Nous trouvons, cependant, des verres d'autres couleurs; au milieu du XVIII^e^ siècle, Thonin énumère les neuf sortes de verres colorés qu'il a dans son magasin : vert écladon, vert

de pré, vert de mer, bleu clair, gros bleu, jaune, violet, couleur de vin, rose.

Désormais la couleur verte va perdre peu à peu sa suprématie : on reconnaît que les verres jaunes ou bleus ont les mêmes propriétés. En 1816, apparaissent les verres fumés, dus à l'abbé Rochon et à Vincent Chevalier, aussitôt ils remplacent les conserves vertes et jouissent très longtemps d'une grande faveur.

Fisher, en 1848, propose les verres de couleurs complémentaires accolés, mitigeant ainsi la couleur sans décolorer les objets. Ces verres ne sont pas restés dans la pratique.

En 1870, Calderini préconise les verres bleus contre l'influence nuisible du gaz et du pétrole. Ces verres eurent beaucoup de succès.

Avec Fieuzal, les verres gris jaunes entrent en scène, puis les verres de MM. Seabrock (1903) et Motais (1907); enfin, les verres à l'esculine, très légèrement teintés en jaune ouvrent la série des verres protecteurs sensiblement incolores.

Voici la Grande Guerre, qui marque un essor immense de la lumière artificielle : la plupart des campagnes, même les plus éloignées des villes, ont leur réseau électrique, tous les ateliers travaillant les métaux ont leurs soudeurs autogènes et les applications de l'arc électrique deviennent de plus en plus nombreuses. Ainsi, tandis qu'autrefois on ne connaissait pour ainsi dire que l'ophtalmie des neiges, aujourd'hui la conjonctivite des artistes de cinéma et l'ophtalmie électrique font souvent l'objet d'études médicales.

De plus, depuis cette tourmente, nous recherchons le bien-être le plus raffiné, c'est, d'ailleurs, une conséquence du progrès scientifique : nous voulons supprimer les moindres malaises; bien rares sont les cas d'amétropies même légères qui ne sont pas corrigées, la fatigue oculaire produite par un soleil ardent de juillet nous devient presque insupportable : c'est pourquoi les verres colorés se répandent de plus en plus.

Depuis longtemps on fabriquait des verres correcteurs

colorés, mais ils ont l'inconvénient, pour peu que la teinte soit un peu foncée, de modifier la couleur des objets et de rendre insuffisante la luminosité par les jours peu ensoleillés. Ces dernières années, on a lancé dans le commerce des verres presque incolores, qui, par conséquent, laissent passer tous les rayons lumineux tout en arrêtant une grande partie des radiations nocives. Le succès des verres en matière filtrante est considérable.

Aujourd'hui nous voyons des verres colorés dans toutes les vitrines des maisons d'optique, sous de multiples noms différents, dans beaucoup de grands magasins et bazards, et même sur les places publiques, ici à des prix peu élevés, évidemment, d'où leur succès.

Toutefois nous ne sommes pas arrivés au stade où se trouvent, en particulier, l'Angleterre et les Etats-Unis. La production s'y est intensifiée, au point que les associations d'oculistes se sont émues, car il leur est excessivement difficile de connaître la valeur de tous les verres protecteurs qui sont dans le commerce. Tous les fabricants d'optique, en effet, se sont mis à en produire sous des noms distincts, évidemment, de ceux qui existent déjà, si bien que nombreux sont les verres identiques qui ont des dénominations différentes. Coblentz écrit même, en 1932, qu'en procédant comme eux, il est aisé d'obtenir une nouvelle teinte en fondant des fragments de toutes sortes de verres colorés et de lui donner un nom commercial. Bien pis : pour vendre leurs produits, les fabricants ont été contraints de leur attribuer des propriétés les différenciant avantageusement des autres verres similaires, aussi bien des annonces étaient pleines de prétentions résultant d'un manque d'information ou basées sur des théories non prouvées. Il est parfois amusant d'étudier la façon d'agir de certaines de ces firmes d'optique, telle l'histoire rapportée par Coblentz : un opticien du Colorado reçoit la visite d'un représentant qui clame que les rayons ultra-violets sont absolument nécessaires au bon état de l'œil, d'où l'utilité de ses verres, qui les laissent passer;

un peu plus tard, un autre représentant clame devant lui la grande nocivité des radiations ultra-violettes et la nécessité absolue de leur suppression la plus complète, d'où l'utilité de ses verres... Les prétentions conviennent évidemment toujours aux verres, mais non aux faits physiologiques.

Vers 1920, les journaux anglais firent un vrai tapage autour de la nocivité immense des rayons ultra-violets : par la crainte obsédante de la lumière du jour, les verres colorés se répandirent rapidement. Puis une grande firme lança une nouvelle marque en prétendant que la suppression des radiations invisibles extrêmes entraîne l'atrophie progressive de la rétine avec toutes ses conséquences. Les gens raisonnables devinrent indifférents ou s'émurent et demandèrent aux autorités compétentes de donner leur avis. Un fabricant poussa même la sottise jusqu'à écrire que ses verres étaient les seuls à ne pas produire d'accoutumance, tout comme on parle aujourd'hui de morphinomanie.

Devant cette anarchie, les oculistes anglais et américains ont réclamé une simplification et une standardisation des verres protecteurs. Jusqu'ici ils n'ont pas été écoutés, et ne le seront sans doute jamais, d'autant plus que, de nos jours, on s'intéresse de plus en plus aux réclames des journaux, et l'on demande de moins en moins l'avis des oculistes.

Les Allemands sont certainement ceux qui se sont le plus occupés de l'influence de la lumière sur l'œil et les premières notions que nous avons possédées viennent d'eux. Deux auteurs, en particulier, se sont distingués : Schanz a étudié l'action des ultra-violets, mais il leur a attribué toutes les altérations oculaires dues à la lumière; Vogt, au contraire, a démontré que beaucoup de ces cas sont dus aux radiations infra-rouges. Une longue polémique scientifique, l'un critiquant les travaux de l'autre, s'est élevée entre eux, mais chacun est resté sur ses positions. Contrairement aux Anglais et aux Américains, les Allemands ont un peu délaissé la prophylaxie de ces affections, et, lorsqu'ils ont publié des articles à ce sujet, c'est dans un but commercial;

presque toujours, en effet, ils ne recommandent qu'une marque de verres colorés, à l'exclusion de toutes les autres.

En France, comme à l'étranger, la fabrication des verres protecteurs s'est intensifiée énormément, surtout depuis ces dernières années. Presque toutes les grandes maisons ont lancé des marques spéciales, et, tandis qu'il y a simplement quinze ans on ne parlait que de verres bleus, fumés, jaunes, verts ou Fieuzal, aujourd'hui on ne parle pour ainsi dire plus que de telle ou telle marque de verre.

Nous allons tâcher de voir si les verres protecteurs, en général, sont vraiment utiles et ainsi s'ils méritent le succès qu'ils ont actuellement. Ensuite nous examinerons les verres en particulier et nous verrons si tous rendent les services auxquels on doit s'attendre en les employant.

Dans le premier chapitre nous étudierons l'influence des radiations solaires sur l'œil.

Dans le deuxième chapitre nous examinerons l'action des lumières artificielles sur l'œil. Ainsi nous connaîtrons les radiations qu'il faudra tâcher d'éliminer.

Dans le troisième chapitre, nous ferons l'étude des verres colorés du commerce.

Enfin, dans le quatrième chapitre, nous indiquerons l'emploi des verres colorés suivant les circonstances.

CHAPITRE PREMIER

LA LUMIERE SOLAIRE ET L'ŒIL

I. — *Composition de la lumière solaire.*

La lumière est composée de radiations de différentes longueurs d'onde. Depuis Newton nous savons les séparer. Faisons passer un faisceau de lumière solaire à travers un prisme, ce faisceau subit par réfraction une déviation en même temps qu'un étalement perpendiculaire à l'arête du prisme, les radiations sont d'autant plus déviées que leur longueur d'onde est plus courte. Recueillons ces rayons réfractés, nous obtenons le spectre solaire, composé apparemment de six bandes colorées différentes, allant du violet, partie la plus déviée, au rouge, partie la moins déviée, en passant par le bleu, le vert, le jaune, l'orange. Ces radiations visibles ont une longueur d'onde allant de 4.000 Å à 8.000 Å (Å, ou unité angstrom, est la dix-millième partie du μ, donc la dix-millionième partie du millimètre).

Voici les longueurs d'onde approximatives de ces différentes couleurs :

Violet, de 4.000 à 4.300 Å;
Bleu, de 4.300 à 4.900 Å;
Vert, de 4.900 à 5.700 Å;
Jaune, de 5.700 à 6.000 Å;
Orange, de 6.000 à 6.500 Å;
Rouge, de 6.500 à 8.000 Å.

Revenons à notre spectre solaire. Promenons un thermomètre au-delà du rouge, nous constatons que la température

s'élève : cette modification est due à des radiations calorifiques invisibles : ce sont les radiations infra-rouges, elles sont comprises entre le spectre visible et les ondes hertziennes. Nous commençons seulement à les bien connaître, car le thermomètre ou la pile thermo-électrique que nous possédions pour les déceler sont bien insuffisants pour nous donner des renseignements précis. Dans la lumière solaire, les rayons infra-rouges ont des longueurs d'ondes qui s'étendent de 8.000 Å à 600.000 Å.

Si nous plaçons une plaque photographique en dehors du violet, nous constatons qu'elle est impressionnée : cette transformation est due à des rayons chimiques : ce sont les radiations ultra-violettes. Contrairement aux précédentes, ces dernières ont été très bien étudiées, et, aujourd'hui, elles sont bien connues. Leurs longueurs d'onde s'étendent de 4.000 Å à 2.550 Å environ.

Dans la lumière solaire, les différentes parties du spectre représentent respectivement : les infra-rouges, 86 %, les rayons visibles, 13 %, et les ultra-violets 1 %. Ces derniers ont donc, en quantité, une infime importance à côté des infra-rouges. Ces chiffres ne sont qu'une moyenne.

La composition spectrale de la lumière solaire dépend d'une foule de circonstances, parmi lesquelles nous citerons : l'altitude, le climat, la saison, l'heure de la journée, l'état hygrométrique de l'air, la présence dans l'air de poussières, de fumées, de gaz (principalement l'ozone).

Il est évident que l'intensité des radiations lumineuses varie avec l'époque de l'année et l'état de l'atmosphère, mais ce sont surtout les variations des radiations invisibles qui sont utiles à connaître.

La vapeur d'eau de l'atmosphère absorbe une partie des rayons ultra-violets, ce sont donc les couches inférieures qui sont les plus absorbantes. Pour le démontrer, Schanz a utilisé une méthode biologique : il exposa des plantes à la lumière du jour, à la même lumière privée des rayons ultra-violets : ces dernières se modifièrent, devinrent plus grandes,

leurs articles s'allongèrent, leurs feuilles devinrent plus longues et plus minces. La confirmation fut obtenue en transplantant des edelweiss au pied de la montagne : ceux-ci donnèrent naissance à des plantes hautes et vigoureuses. Shanz recommença l'expérience des edelweiss en plaçant ces plantes, les unes en plein air, les autres sous une vitre ordinaire, qui retient une partie de l'ultra-violet, et encore un troisième groupe sous une vitre en verre euphos, qui arrête tous les rayons ultra-violets. Le résultat fut plus manifeste encore avec des fèves. Donc, les radiations ultra-violettes sont plus nombreuses sur les montagnes que dans les vallées.

Sérono écrit : « Autrefois prédominaient sur notre globe les rayons lumineux et calorifiques, tandis qu'existaient à peine les ultra-violets, retenus par une immense quantité de vapeur d'eau, qui entourait la terre, leur offrant une barrière infranchissable. » En effet, chez les Grecs anciens, nous ne trouvons aucune mention du bleu foncé et, à plus forte raison, du violet, nous ne trouvons que le bleu ciel. De même, la peinture des cadres anciens révèle la prédominance des couleurs rouge, jaune, vert et bleu ciel plus qu'en eux ne figurent les couleurs bleu foncé et violet, contrairement à la peinture moderne : aujourd'hui nous pouvons mieux percevoir cette partie du spectre solaire. C'est grâce à cette absorption des ultra-violets par la vapeur d'eau que la végétation était si luxuriante dans les temps lointains, et particulièrement à l'époque des fougères gigantesques; nous en avons une faible idée en songeant à la végétation de la zone équatoriale.

Cette vapeur d'eau atmosphérique absorbe des radiations ultra-violettes de toute longueur d'onde, mais d'autant plus que celle-ci est petite, aussi ne trouve-t-on des rayons ultra-violets inférieurs à 3.000 Å que sur les hautes montagnes. Au sommet du pic Ténériff (3.700 m.), l'ultra-violet solaire s'étend jusqu'à 0 μ 29; alors que, en plaine, par temps clair et sec, la limite ultra-violette est de 0 μ 3 à midi, et de 0 μ 315 à 17 heures. L'absence de poussières sur les monta-

gnes contribue aussi à l'accroissement actinique des rayons solaires aux hautes altitudes.

Nous voyons qu'il n'est pas exact de dire que l'intensité des radiations actives est proportionnelle à la luminosité : évidemment, une atmosphère chaude et transparente sera plus riche que si le temps est couvert, mais l'état hygrométrique de l'air a une grande importance.

Enfin, plus les rayons ultra-violets sont obliques, plus ils sont absorbés par l'air, c'est pourquoi un soleil couchant qui est assez éclairant a cependant perdu presque toute propriété chimique.

Quant aux radiations infra-rouges, elles sont aussi absorbées considérablement par la vapeur d'eau de l'atmosphère mais comme, dans la lumière solaire, leur proportion est énorme par rapport aux ultra-violets, cette diminution importe beaucoup moins. Les nuages, les blancs surtout, sont très absorbants.

Jusqu'ici nous n'avons parlé que de la lumière que nous percevons constamment, mais un autre phénomène peut intervenir et modifier profondément notre sensation lumineuse : c'est la réverbération, cette réflexion particulière de la lumière sur la neige, la glace, l'eau, les routes goudronnées modernes; la plus grande partie de la lumière incidente est réfléchie, nous avons ainsi la même impression que si nous regardions directement le soleil : la réverbération accroît considérablement l'intensité lumineuse. Au contraire, les arbres, la verdure en général, réfléchissent très mal les rayons de courte longueur d'onde.

II. — *Modifications des rayons visibles et invisibles à travers les milieux oculaires.*

Après avoir étudié les différentes radiations qui composent la lumière solaire, voyons les modifications qu'elles subissent en traversant les milieux oculaires.

Examinons tout d'abord les rayons lumineux. Nous pouvons les diviser en deux groupes : l'un, qui comprend les radiations rouges, oranges, jaunes, vertes, arrive à la rétine sans aucune modification. Quant au second groupe : rayons bleus et violets, nous devons en faire trois parts : une première partie, peu considérable, et augmentant avec l'âge, est arrêtée par le cristallin, qui devient fluorescent; une seconde partie arrive à la rétine et la rend fluorescente; enfin la troisième partie arrive jusqu'aux cellules visuelles et produit les sensations de bleu et de violet. En résumé, les milieux oculaires n'offrent aucune barrière notable aux rayons lumineux.

Quant aux radiations infra-rouges, comme nous l'avons déjà dit, elles ont été peu étudiées; il est cependant généralement admis qu'elles arrivent à la rétine sans modification, sauf une faible part, absorbée par les pigments de la face postérieure de l'iris et des procès ciliaires.

Les radiations ultra-violettes diffèrent totalement des précédentes. En 1923, Y. Shoji, de Tokio, a publié les résultats d'un travail de longue haleine sur l'absorption des rayons ultra-violets à travers les milieux oculaires, ses conclusions sont admises pour ainsi dire par tous. Il a examiné au spectrographe de quartz du type Adam Hilger quatorze espèces animales en employant une lampe à arc de fer comme source lumineuse. Voici ses conclusions :

1° Les milieux oculaires absorbent les rayons ultra-violets, et ce pouvoir d'absorption est en rapport avec l'albumine de ces milieux.

2° Le cristallin, sous l'épaisseur naturelle qu'il présente dans l'œil, a le pouvoir d'absorption le plus élevé, puis viennent la cornée, le corps vitré et l'humeur aqueuse.

3° Le pouvoir d'absorption de la cornée est très variable suivant les espèces animales. La cornée de la chouette a le pouvoir d'absorption le plus faible et se comporte d'une façon toute particulière à l'égard des ultra-violets. La valeur

de cette absorption chez tous les animaux, hormis la chouette, est de 2.968 Å. L'absorption de la cornée de l'homme est de 2.938 Å.

4° Le pouvoir d'absorption du cristallin est également différent suivant les espèces animales. Celui de la chouette est le plus faible (3.036 Å). La moyenne entre tous les animaux est de 3.230 Å. Le pouvoir d'absorption du cristallin de l'homme est très variable suivant l'âge :

à 65 ans, il absorbe au-dessous de 4.187 Å;
à 4 ans, il absorbe au-dessous de 3.055 Å.

5° Le pouvoir d'absorption du cristallin augmente avec l'âge, et ce phénomène est en rapport avec l'augmentation de sa constitution albuminoïde.

6° Parmi les différentes parties du cristallin, c'est le noyau qui a le pouvoir d'absorption le plus élevé, puis vient la périphérie. Cela provient de ce que le noyau contient plus d'albuminoïde que la périphérie. Le noyau, qui est riche en albuminoïde et en β-cristalline, absorbe plus que la périphérie, riche surtout en α-cristalline.

7° Le pouvoir d'absorption du noyau cristallinien augmente d'une façon importante avec l'âge. Cela tient à ce que sa teneur en albuminoïde croît avec l'âge, alors que celle de la périphérie diminue relativement plus rapidement. Ainsi s'explique l'augmentation du pouvoir d'absorption total.

8° Le pouvoir d'absorption de la cornée et du cristallin est très différent suivant les individus, suivant leur état de nutrition et des circonstances de toutes sortes, comme le milieu de travail.

9° L'humeur aqueuse et le corps vitré absorbent les rayons ultra-violets et leur pouvoir d'absorption est un peu différent suivant les espèces animales. Ils présentent une courbe d'absorption déterminée, ainsi qu'une bande d'absorption.

10° L'absorption à travers la totalité des milieux ocu-

laires est plus élevée qu'à travers le cristallin seul, et est très différente suivant les espèces animales et l'âge.

Nous pouvons conclure de ces notions que les radiations inférieures à 2.938 Å ne dépassent pas la cornée, que les radiations inférieures à 3.750 Å, en moyenne, ne dépassent pas le cristallin, et qu'enfin, seules, celles comprises entre 4.000 et 3.750 Å impressionnent en partie la rétine; ces dernières sont d'autant plus nombreuses que le sujet est jeune; une partie de celles-ci seraient visibles, pour certains auteurs, et donneraient la perception du gris lavande.

En absorbant les rayons ultra-violets, le cristallin et la rétine deviennent fluorescents. Tout se passe comme si ces tissus transformaient des rayons de courtes longueurs d'onde en rayons de plus grandes longueurs d'onde et les rendent ainsi visibles. Nous verrons que cette modification a son importance au point de vue de la netteté de la perception visuelle.

Pour résumer l'absorption des rayons solaires à travers les milieux oculaires, nous dirons que si nous ne possédons aucun moyen naturel pour protéger notre rétine contre les rayons lumineux et infra-rouges, nous sommes très bien munis contre les rayons ultra-violets.

III. — *Affections oculaires causées par la lumière solaire.*

Après avoir étudié la composition de la lumière solaire, les modifications des diverses radiations à travers les milieux oculaires, examinons les manifestations de l'action nocive de la lumière sur l'œil afin de connaître leurs causes exactes et par là les prévenir.

Ophtalmie des neiges. — Occupons-nous tout d'abord de l'ophtalmie des neiges, parfois appelée improprement : « cécité des neiges ». Cette maladie est connue depuis fort longtemps. Xénophon, dans l'*Anabase* (liv. IV, ch. V), parle de

l'obligation où il s'est trouvé d'abandonner en route ceux de ses soldats dont les yeux étaient « abîmés par la neige », et il observe à ce propos que l'on pouvait éviter ce mal « si l'on portait quelque chose de noir devant les yeux ».

En 1838, Carron du Villards, dont le père avait été médecin militaire des troupes piémontaises pendant la guerre entre la Sardaigne et la République française, en l'année 1793, décrit une affection des yeux chez les troupiers, attribuable « à la blancheur éblouissante du sol, augmentée par la réverbération du soleil ». Cette affection se manifestait par un rétrécissement extrême des pupilles et par une forte diminution de la vue en plein jour, tandis que, de nuit, la vision était beaucoup meilleure. L'auteur semble avoir confondu ici les effets de la photophobie avec le symptôme communément appelé nyctalopie ou ambliopie diurne : il ajoute que, pour échapper à ce trouble visuel, les Esquimaux et les Lapons portent des lunettes de corne, qui garantissent complètement l'œil, et qui sont pourvues au centre d'une fente horizontale. Le père de Carron arriva lui aussi à protéger les yeux de ses soldats en leur confectionnant des lunettes avec des coquilles de noix percées au centre d'une petite ouverture.

Voyons dans quelles conditions se déclare cette affection. Il s'agit, en général, d'alpinistes, qui mettent de côté leurs lunettes, soit que, cheminant dans le brouillard, ils aient estimé n'avoir pas à craindre un éblouissement, soit que les difficultés de la route les aient obligés à les abandonner : les verres fortement noircis ont l'inconvénient, en effet, de gêner beaucoup la marche, surtout dans les passages difficiles, et de diminuer de beaucoup le plaisir de l'ascension en donnant au paysage une teinte par trop uniforme et par trop funèbre. Parfois aussi les accidents sont dus à la mauvaise construction des lunettes : trop petites, le bord supérieur appuie sur la paupière supérieure, et le bord inférieur sur la paupière inférieure, d'où gêne par compression des

paupières : comme elles sont très petites, elles se remplissent vite de buée, et l'on n'y voit plus rien. A chaque instant, il faut les essuyer; la réverbération, alors, aveugle immédiatement. La prédisposition individuelle a un rôle certain, mais l'ophtalmie est presque fatale pour toute personne qui fait un long trajet sur la neige sans se protéger suffisamment les yeux.

Quoi qu'il en soit, une dizaine d'heures environ après l'action du soleil réverbéré sur les champs de neige et de glace, le sujet a la sensation de gravier sous la paupière, sa conjonctive est rouge; puis surviennent des douleurs frontales, croissantes; finalement, on constate une irritation violente de la conjonctive et des paupières avec larmoiement, photophobie si intense que le malade supporte à peine la lumière d'une bougie. Evidemment, le blépharospasme est intense; un chémosis net apparaît. Si l'exposition à la lumière a été de longue durée, la fluorescéine démasque des ulcérations cornéennes souvent en bandes horizontales, dessinant la fente palpébrale caractérisée par une désépithélisation. Ces ulcérations superficielles s'étendent en profondeur et atteignent leur maximum au troisième ou quatrième jour, entraînant des ulcérations profondes et fort douloureuses, qui se comblent généralement sans complication. Même si la durée a été courte, un examen minutieux au microscope cornéen permet toujours de révéler quelque érosion cornéenne. Plus rarement on constate une décoloration de l'iris avec myosis, une congestion de la rétine, avec vision terne des couleurs. On n'a jamais observé de lésions cristalliniennes. Le malade passe vingt-quatre heures atroces, les yeux bandés, puis, peu à peu, les signes s'atténuent, et, en quelques jours, tout est rentré dans l'ordre, en général. En résumé, l'ophtalmie des neiges est une affection très douloureuse, mais bénigne.

Eblouissement. — Etudions maintenant un phénomène bien plus fréquent que l'affection précédente, mais dont on parle moins, parce que ses conséquences sont le plus souvent mini-

mes : l'éblouissement. Nous pouvons, avec le Docteur Emile Haas, définir ainsi ce terme : « L'éblouissement peut être dit l'ensemble des désordres occasionnés dans l'appareil visuel par l'excès ou par la mauvaise répartition du flux lumineux au niveau de la rétine, pour un état donné d'adaptation du fond. »

Dans le langage courant, on désigne sous le même vocable deux phénomènes tout à fait différents, et qui doivent être étudiés séparément : *a*) l'éblouissement par insuffisance d'adaptation; et *b*), l'éblouissement proprement dit.

L'œil s'adapte très bien à une gamme très étendue d'intensité lumineuse, pourvu que celle-ci ne dépasse pas un certain maximum. Tout d'abord, le diamètre de la pupille peut varier de 1 à 9 mm. : plus la lumière est intense, plus la pupille se mettra en myosis; plus la lumière est faible, plus elle se mettra en mydriase. Or, l'éclairement rétinien est proportionnel à la surface de la pupille : ainsi donc, celle-ci aura tendance à rendre constante la luminosité rétinienne. D'autres mécanismes physiologiques spéciaux interviennent, dont l'effet est de modifier la sensibilité rétinienne d'après la force même des rayons, en opposant à une clarté trop forte une sensibilité émoussée et en exagérant cette dernière en présence d'une lumière trop faible. Si l'on modifie brusquement l'intensité lumineuse, immédiatement les pupilles réagiront dans l'un ou l'autre sens, mais la rétine mettra plus de temps à s'adapter. C'est la raison pour laquelle, si nous passons d'une pièce bien éclairée dans une autre sombre, nous n'y voyons rien tout d'abord, puis l'adaptation se fait peu à peu. Dans le cas contraire, on est ébloui : on a les yeux fatigués, on n'y voit pas, on baisse la tête, et, au bout de quelques instants, nous n'éprouvons plus aucune gêne. Cet éblouissement par insuffisance d'adaptation est un fait journalier, mais qui ne compte pas en pathologie.

L'éblouissement proprement dit est bien plus important; il se produit lorsqu'il existe dans le champ visuel une source

de brillance excessive : l'œil ne peut tolérer sans gêne une brillance supérieure à une demi-bougie par cm^2. Cette gêne sera d'autant plus importante que l'œil est adapté à un éclairage moins intense. Dans quelles conditions se produit ce phénomène en pratique ? Il s'agit d'individus qui regardent directement le soleil, et principalement les éclipses : à chaque occasion, on publie de nombreux cas d'éblouissements : tous les individus, la plupart sans verres protecteurs, regardent directement l'éclipse, dont la luminosité est intense, par comparaison avec l'éclairage général de l'atmosphère auquel est adapté l'œil à ce moment. Il s'agit encore d'aviateurs, qui fréquemment regardent le soleil. Il s'agit encore d'alpinistes incommodés par la réverbération de la neige ou d'automobilistes qui sont sous l'effet durable de la réverbération des routes goudronnées.

Lorsqu'un sujet est sous l'action d'une brillance excessive, il se produit d'abord un stade de défenses organiques, et surtout la constriction pupillaire; parfois tout s'arrête là. Si elles sont insuffisantes, on a l'éblouissement proprement dit, se manifestant par l'altération des fonctions rétiniennes élémentaires : sens des formes ou acuité visuelle, sensibilité différentielle, sensibilité lumineuse brute. En effet, les malades accusent d'abord un éblouissement, la vision de « trente-six chandelles » est l'expression courante; puis ils se plaignent d'une tache fixe qui leur masque les objets placés au centre du champ visuel : le scotome débute du côté temporal et devient annulaire après avoir eu la forme d'un croissant; l'anneau est souvent ouvert en haut. Le scotome est para ou péricentral, bilatéral. Ces troubles ont été aussi rencontrés dans l'ophtalmie des neiges; en général, on ne les recherche pas à cause de la prédominance de la conjonctivite, qui rend l'examen difficile : cela est dû évidemment à la réverbération de la neige.

Dans l'éblouissement, on constate, en outre, de l'amblyopie; on a même signalé, mais rarement, des troubles sérieux

du fond d'œil, caractérisés par de la congestion de la papille et par de nombreux exsudats recouvrant le trajet d'un vaisseau. Enfin, assez souvent, on constate de l'érythropsie, et parfois même c'est le seul symptôme, si bien que plusieurs auteurs en ont fait une manifestation spéciale : en réalité, elle entre dans le cadre de l'éblouissement. En règle générale, cette affection guérit en quelques jours.

Asthénopie tropicale. — Nous avons vu que l'ophtalmie des neiges et l'éblouissement sont provoqués par une exposition parfois de courte durée à une lumière très intense, les radiations solaires produisent aussi des lésions par une action lente, surtout dans les pays très chauds : c'est l'asthénopie tropicale, que nous voyons aussi d'ailleurs chez nous pendant la canicule. Pendant longtemps, le sujet éprouve seulement de la gêne lorsqu'il est en plein soleil, puis cette gêne oculaire devient persistante, avec une sensation de picotement, de lourdeur orbitaire, s'accompagnant de larmoiement léger et de photophobie. Les globes oculaires sont rouges, avec une légère injection périkératique; souvent les paupières sont légèrement enflammées et œdématiées. L'évolution de cette affection est essentiellement chronique, elle dure tant que les yeux sont soumis aux rayons solaires intenses.

Cataracte. — De nombreux auteurs admettent que la cataracte sénile est due aux rayons solaires, soit par action directe sur le cristallin, soit indirectement par action nocive sur les procès ciliaires, dont dépend la nutrition du cristallin. Cette pathogénie explique la constatation de la fréquence bien plus grande de la cataracte sous les tropiques, où le soleil est très ardent.

Quelques auteurs, et en particulier le Professeur Gian Luigi Colombo, de Milan, ont indiqué les radiations solaires comme cause déterminante de la conjonctivite printanière. Les preuves ne sont pas certaines; pourtant la protection de

l'œil contre l'action de la lumière a amélioré, sinon guéri, plusieurs cas de cette conjonctivite.

Jusqu'ici nous n'avons parlé que des affections avec lésions nettes. La lumière produit encore son action nocive sur tous les individus non pourvus de lunettes pendant les jours ensoleillés des mois d'été. Tous nous avons senti ce malaise des beaux jours : une asthénopie en miniature, dirai-je. Lorsque nous nous sommes exposés quelque temps au soleil ardent, nous ressentons une gêne oculaire et péri-oculaire, notre pupille est en myosis forcé, nous avons du blépharospame, parfois du larmoiement. Un repos à l'ombre les yeux fermés nous procure aussitôt un grand soulagement.

IV. — *A quelles radiations sont dues les affections oculaires produites par la lumière solaire ?*

Avant d'entamer cette question, voyons comment se comporte, dans des conditions normales, notre perception visuelle. Tout d'abord, le minimum d'éclairage pour une vision normale, pour un objet parfaitement diffusant est de 20 lux environ (le lux est l'éclairement d'une surface de 1 m² qui reçoit un flux lumineux de 1 lumen; le lumen est le flux reçu par une surface de 1 m² placée sur une sphère creuse de 1 m. de rayon au centre de laquelle se trouve la source lumineuse d'une bougie); au-delà de 50 lux, la visibilité ne s'accroît pas, mais la fatigue visuelle par suite de l'augmentation de l'éclairage se produit lentement. On a cherché à savoir si à égale intensité les différentes couleurs du spectre solaire produisent la même impression visuelle. On a prouvé que pour obtenir des impressions visuelles équivalentes, il faut mettre en jeu une puissance beaucoup plus grande avec des radiations violettes ou rouges qu'avec des radiations jaunes ou vertes. On peut définir pour chaque longueur d'onde un coefficient de luminosité qui est le rapport de l'effet visuel à la puissance rayonnée par la radiation

correspondante. La courbe du coefficient de luminosité en fonction de la longueur d'onde représente ainsi la sensibilité de l'œil pour les diverses couleurs. On croit que l'œil présente un maximum de sensibilité très accusé pour les longueurs d'onde voisines de 0 μ 55 (vert jaune) environ. La sensibilité décroît très rapidement de part et d'autre de ce maximum, pour s'annuler aux extrémités du spectre visible. La source idéale serait donc celle qui émettrait uniquement des radiations de 0 μ 55. Les mesures photométriques ont montré qu'une telle source fournirait un flux de 690 lumens pour une dépense d'énergie de 1 watt.

Etudions maintenant l'étiologie précise des affections oculaires citées plus haut. Pendant de nombreuses années, la lumière ultra-violette fut décrétée la cause de tous les maux. Au premier abord cette étiologie nous a choqué, étant donné que les rayons ultra-violets ne représentent que 1 % des radiations solaires totales. En examinant superficiellement les faits, on peut en être cependant convaincu. Widmark opère sur des lapins, il fait agir la lumière solaire sur les yeux, les paupières relevées; au bout d'une demi-heure, la la conjonctive est rouge, l'épithélium cornéen est lésé; l'arc électrique de 1.200 bougies à 25 cm. de l'œil donne les mêmes réactions, mais plus précoces. Sur d'autres lapins il fait agir seulement les rayons visibles, qui seuls traversent de l'alun; ils n'ont aucune action. Il fait ensuite agir des rayons infrarouges, qui seuls traversent un béricristal entouré d'une couche de noir de fumée : légère modification à production et disparition rapides. Enfin, en faisant passer les radiations solaires à travers une lentille de bicristal, qui arrête les rayons visibles, et à travers une cuve d'eau qui absorbe les infra-rouges, les ultra-violets seuls agissent sur l'œil et l'auteur constate une réaction irritative extrêmement intense après quelques secondes et ne cédant que lentement. Un œil de contrôle sur lequel Widmark ne faisait agir que les infra-rouges et les rayons visibles ne montrait aucune modification. Cette expérience ne peut être plus probante, mais

il ne faut pas conclure plus qu'elle ne le prouve : les radiations ultra-violettes, à l'exclusion des autres, produisent une inflammation de la conjonctive et de la cornée. Widmark n'a nullement étendu cette étiologie aux autres affections oculaires, comme l'ont fait beaucoup.

Stokhausen et Schanz prouvent le rôle des ultra-violets dans l'éblouissement par cette expérience : lorsqu'un observateur regarde les objets situés sur l'horizon, alors que le soleil est à 20° ou 30° au-dessus de l'horizon, ceux qui se trouvent dans la direction de l'astre apparaissent couverts d'un voile. Si l'observateur masque avec la main le disque lumineux pour protéger la pupille des rayons solaires directs, le voile disparaît presque complètement et les objets de l'horizon deviennent nets et précis comme en tout autre point. Le voile est dû en ce cas pour eux à la fluorescence du cristallin et de la rétine, qui arrêtent les rayons courts. Pour le prouver, on peut, sans masquer la source de lumière, interposer un verre doué de la propriété d'arrêter ces mêmes radiations, un verre Euphos par exemple, le voile ne se produit plus. Malheureusement le fait que la main et le verre Euphos diminuent notablement l'intensité des rayons lumineux effondre la conclusion de l'expérience.

Ces mêmes auteurs, encore, attribuent la cataracte aux rayons ultra-violets, cette fois sans expérience, mais par raisonnement : « Qu'on se souvienne, disent-ils, que tous les jours, pendant toute la vie, notre cristallin est fluorescent, c'est-à-dire que des rayons de courte longueur d'onde se transforment en rayons de grande longueur d'onde, visibles; on ne peut se figurer une telle transformation d'énergie sans modifications du milieu où la réaction se passe. La fréquence de la cataracte à la campagne et dans les pays à grands espaces ensoleillés semble encore le démontrer. » Malheureusement, si, dans ces cas, les ultra-violets augmentent d'intensité, les infra-rouges et les rayons lumineux le font aussi.

Les lésions de la rétine ont été attribuées longtemps aussi

aux rayons ultra-violets, qui la rendent fluorescente; ce qui semblerait le prouver, c'est que les altérations maculaires séniles se produisent plus fréquemment quand le cristallin est transparent et que, dans les cas d'opacification du cristallin, la rétine restait le plus souvent indemne. Nous ferons encore la même remarque : si un cristallin opacifié arrête les rayons invisibles, il arrête aussi les rayons visibles.

Ainsi, toutes les affections oculaires provoquées par la lumière ont été longtemps attribuées aux ultra-violets; pourtant l'expérience de Widmark, seule, est probante pour l'inflammation des enveloppes externes de l'œil.

Ce sont les expériences fondamentales de l'ophtalmologiste zurichois A. Vogt qui ont démontré que l'œil humain peut subir des lésions importantes du fait du rayonnement infra-rouge, presque complètement négligé jusqu'à ces dernières années.

Après la guerre, en 1919, Vogt occasionna la cataracte sur un lapin vivant au moyen des rayons infra-rouges de courte longueur d'onde. Il filtra ces rayons en faisant passer la lumière d'une lampe à arc de 30 ampères par deux cuves munies de parois en mica bien transparent. L'une des cuves renfermait une solution d'iode et d'iodure de potassium, destinée à intercepter la lumière ultra-violette et presque tout le spectre visible, la seconde, de l'eau pour absorber les rayons infra-rouges de grande longueur d'onde. Il ne subsistait donc que les rayons infra-rouges de courte longueur d'onde et un peu de lumière visible rouge foncé atteignant la longueur d'onde de 670 μ. Cette lumière infra-rouge fut concentrée au moyen d'une lentille en sel gemme sur un œil de lapin absolument intact, et que les premières irradiations, d'une durée de trois heures, suffirent à troubler complètement. En 1914, Juerg Reichen provoqua dans l'œil du lapin une irritation intense avec décoloration de l'iris et myosis persistant. Ces auteurs refirent des expériences avec des rayons ultra-violets et n'obtinrent aucun résultat sur le

cristallin. Ainsi donc les rayons infra-rouges produisent la cataracte soit par action directe sur l'œil par hydratation des albumines, soit par action sur l'iris et les procès ciliaires qui commandent l'irrigation sanguine du cristallin.

Aucune expérience avec les rayons ultra-violets n'a produit d'érythropsie, ni d'éblouissement, même en utilisant des intensités bien plus fortes que celles qui existent dans la nature. Par contre, on le produit en éblouissant l'œil avec une lumière riche en rayons verts et en se servant de l'autre œil comme œil de contrôle.

Nous pouvons, avec Hartinger, diviser les radiations visibles et invisibles en plusieurs groupes suivant leur action nocive sur l'œil :

1° L'infra-rouge de grande longueur d'onde comprenant les longueurs d'onde supérieures à 1.300 mμ ne lèse les parties extérieures de l'œil qu'à la condition d'être fortement concentré;

2° La lumière infra-rouge de courte longueur d'onde comprise entre 1.300 et 700 mμ provoque à grande intensité des lésions graves et permanentes de l'iris, du cristallin, de la choroïde, donc la cataracte en particulier;

3° La lumière visible de 7.000 à 4.000 Å provoque à grande intensité l'éblouissement de l'œil et l'érythropsie;

4° L'ultra-violet de grande longueur d'onde de 4.000 Å à 3.200 Å environ est, même à grande intensité, relativement inoffensif; il ne cause aucune lésion notable ni permanente;

5° La lumière ultra-violette de courte longueur d'onde inférieure à 3.200 Å peut provoquer de fortes inflammations de la conjonctive et de la cornée, guérissables après quelque temps.

CHAPITRE II

LA LUMIERE ARTIFICIELLE ET L'ŒIL

De nos jours, les applications de la lumière artificielle ont pénétré dans tous les domaines.

Le nombre de métiers où l'on utilise par nécessité des sources lumineuses intenses a beaucoup augmenté : les soudeurs utilisent, soit les étincelles électriques, produites par les courants à fort ampérage, soit les chalumeaux oxy-acétyléniques, soit un mélange d'aluminium et d'oxyde de fer, comme pour la soudure des rails; les tirages de plans, la photographie industrielle, se font généralement avec des brûleurs riches en ultra-violets; les verriers, les souffleurs de verre, les ouvriers des fonderies, sont exposés aux radiations émises par les corps en fusion.

On a tendance, aujourd'hui, à employer pour l'éclairage des lampes de plus en plus intenses; les usines, surtout celles qui fonctionnent nuit et jour, s'éclairent de plus en plus avec des sources lumineuses riches en ultra-violets : lampe à gaz rare ou à vapeur de mercure, voire arc électrique et lampes à filaments survoltés; dans les studios de prises de vues cinématographiques, on utilise des sources très riches en rayons chimiques.

En thérapeutique, on fait de plus en plus une arme nouvelle des radiations ultra-violettes; médecins et malades y sont exposés quelquefois assez longtemps.

Enfin, il n'est pas jusque dans la rue où notre regard ne soit frappé de plus en plus violemment, quand tombe la nuit, par les enseignes lumineuses qui garnissent nos grandes artères, et la fameuse pancarte : « Danger de regarder l'arc

électrique », placée près des soudeurs sur les voies publiques, est bien illusoire, j'oserais même dire qu'elle incite souvent les passants à regarder cette lumière si brillante.

Toutes ces sources lumineuses ne sont pas aussi dangereuses les unes que les autres; tout dépend de la nature et de l'intensité des radiations qu'elles émettent, et ces radiations, pour un corps donné, dépendent uniquement de sa température et de la température de l'enceinte. C'est aux environs de 525° que l'œil commence à percevoir une sensation lumineuse; les radiations qui apparaissent d'abord sont les rouges, puis, à mesure que s'accroît la température, la lumière s'étend vers le violet, en même temps que chaque radiation émise augmente d'intensité. Donc, plus un corps est à haute température, plus il émettra des radiations violettes et ultra-violettes. C'est la raison pour laquelle une lumière à basse température, donc riche en rayons rouges, est colorée en rouge; tandis qu'à haute température (arc voltaïque), elle est riche en rayons jaunes et verts, donc très éclairante.

Ces considérations ne sont exactes que pour un corps donné; à égale intensité lumineuse certains corps sont plus riches que d'autres en rayons ultra-violets; cependant ici encore la température influe considérablement. Au point de vue de l'intensité lumineuse, l'arc électrique, et surtout l'acétylène, se rapprochent beaucoup de la lumière solaire. A égalité d'intensité lumineuse, les lampes à vapeur de mercure, l'arc électrique et l'acétylène ont l'intensité chimique la plus grande; puis viennent, par ordre décroissant : le bec Auer (à gaz, pétrole ou alcool), la lampe électrique à incandescence, enfin, le gaz et le pétrole.

Dans la grande majorité des cas, ni l'intensité lumineuse, ni l'intensité chimique, ni l'intensité calorifique, n'atteignent celle de la lumière solaire. Dans quelques cas cependant elles l'atteignent; aussi obtenons-nous naturellement des troubles comparables à ceux produits par le soleil, et ce fait est d'autant plus fréquent que, si nous n'avons aucune tendance à

regarder directement le soleil, sauf à l'occasion des éclipses, nous fixons au contraire très souvent la source de lumière artificielle elle-même : c'est, en particulier, le cas des souffleurs, des souffleurs de verre.

Nous allons étudier les différentes circonstances où la lumière artificielle peut léser l'œil.

I. — *Cataracte des souffleurs de verre.*

Depuis très longtemps, les ophtalmologistes ont remarqué la fréquence de la cataracte précoce chez les souffleurs de verre : de 11 à 20 p. 100 des sujets de moins de 50 ans. Longtemps cette affection, comme toutes celles attribuées à la lumière, fut considérée comme due aux rayons ultra-violets. Pourtant, la masse de verre en fusion ne se trouve qu'à la température de 1.300 à 1.500°; or, d'après les notions générales que nous possédons sur le rapport entre la température d'un corps incandescent et la quantité de radiations ultra-violettes qu'il émet, nous pouvons nous attendre à ne trouver dans les rayons émis par cette masse de verre en fusion que peu de radiations ultra-violettes : et, en effet, il est difficile d'y déceler des radiations de courte longueur d'onde. Cette masse émet en presque totalité des radiations infra-rouges; elle est avant tout chauffante, mais peu éclairante.

Les souffleurs de verre sont donc soumis pendant de nombreuses années à ces radiations, et se trouvent constamment dans une atmosphère dont la température dépasse sensiblement 40°, et, au bout d'un certain temps, beaucoup d'entre eux se plaignent d'un abaissement progressif de leur vue, et l'on constate à l'ophtalmoscope une cataracte coronaire ou polaire postérieure, puis polaire antérieure, et peu à peu l'évolution se fait vers la cataracte totale.

Vogt et son Ecole attribuent la cataracte aux radiations infra-rouges les plus courtes, voisines du rouge, qui, seules, pénètrent profondément dans l'œil; le cristallin aurait une

affinité spéciale pour l'absorption de ces radiations, d'où le développement d'opacité au point impressionné par les infrarouges; l'opacité du pôle postérieur serait, pour ainsi dire, le décalque de l'aire pupillaire.

Goldmann envisage une pathogénie bien différente : pour lui, la cataracte du feu est beaucoup plus causée par l'élévation thermique (plusieurs degrés) du cristallin, qui, en majeure partie, se produit à sa face antérieure, et celle de l'iris par rayonnement et par convection, durant de nombreuses années.

La transmission de cette chaleur se fait secondairement à partir de l'iris vers la face antérieure du cristallin. L'opacité débuterait au pôle postérieur, parce qu'en ce point se trouvent les extrémités des cellules détruites par cette température du cristallin antérieur.

Cette cataracte n'est pas seulement fréquente chez les souffleurs de verre; tous ceux qui sont exposés plusieurs heures par jour à une température élevée peuvent, à la longue, être atteints de cataracte : les ouvriers des hauts fourneaux, ceux des lamineries, les forgerons, etc.

II. — *Ophtalmie électrique.*

L'ophtalmie électrique est très fréquente dans l'industrie, elle se produit principalement chez les soudeurs qui emploient l'arc électrique; cet arc fond l'extrémité de l'électrode, volatilise ainsi une partie du métal, qui vient se condenser sur la pièce à souder. La lumière est produite par l'incandescence de l'extrémité des conducteurs et de l'illumination des vapeurs émises entre ceux-ci. Tandis que la flamme de la soudure au gaz est à une température d'environ 1.600°, celle de la soudure oxyacétylénique est à 3.500°, aussi, contrairement à ce que nous avons dit de la masse de verre en fusion, dont la température n'est que de 1.400° environ, l'arc contient des radiations de courte longueur

d'onde en quantité appréciable, mais dans l'industrie on incorpore aux charbons des oxydes métalliques divers qui augmentent de beaucoup la teneur de la lumière en radiations ultra-violettes; enfin les arcs à électrodes entièrement métalliques sont encore plus riches en ultra-violets et cette quantité est importante; il faut cependant noter que, comme pour la lumière solaire, la plus grande partie du spectre se trouve dans l'infra-rouge. La soudure électrique n'est donc pas sans inconvénient pour la vue, mais le découpage électrique des tôles est encore plus dangereux, car il exige un courant plus fort.

Les ouvriers doivent porter des lunettes protectrices ou tenir à la main un écran de verre très foncé et très épais, mais parfois ils laissent de côté ces objets gênants, et en tout cas, les spectateurs regardent souvent l'arc sans aucune protection.

Parfois l'arc éblouit le sujet dès qu'il regarde la source lumineuse, il est alors obligé de fermer les yeux ou de tourner la tête; parfois l'arc gêne la vue, mais, après quelques clignements des yeux, grâce au myosis de la pupille qui diminue considérablement l'éclairage de la rétine, le sujet supporte cette intensité lumineuse, alors, le plus souvent, il continue à travailler sans incident. Pendant une période de cinq à quinze heures, il ne se passe rien d'anormal. Au bout de ce temps — et c'est donc en général la nuit — le sujet éprouve une douleur dont l'intensité est très variable, depuis la sensation de gêne légère jusqu'aux douleurs extrêmement vives, parfois intolérables, augmentées par la palpation et les mouvements du globe oculaire; ces douleurs peuvent durer toute la nuit, elles cèdent un peu à la cocaïne; le sujet présente une photophobie souvent assez intense et du larmoiement. L'examen révèle que la conjonctive est frappée la première, puis la cornée : assez souvent la fluorescéine met en évidence des ulcérations superficielles. Cette desquamation cornéenne produit cette sensation de corps étranger dont se plaignent presque toujours ces sujets. D'après Tou-

lant, les phénomènes réactionnels ne débutent que lorsque l'épithélium cornéen a commencé à desquamer, mettant à nu certaines terminaisons nerveuses de la cornée. Cette affection guérit rapidement, en trente-six ou quarante-huit heures.

Nous avons donc affaire à une kérato-conjonctivite, à peu près semblable à l'ophtalmie des neiges; la pathogénie est identique : ces deux affections sont dues à l'action des rayons ultra-violets.

Il est à remarquer que les accidents ne sont pas toujours en rapport avec la durée de l'exposition; certains ouvriers peuvent travailler toute une journée sans accident, parfois quelques secondes suffisent à provoquer des troubles : on a souvent constaté des ophtalmies électriques après un court circuit. L'influence individuelle a une grande importance.

III. — *Conjonctivite des artistes de cinéma.*

La conjonctivite des artistes de cinéma est une ophtalmie électrique, mais on la décrit en général à part à cause des circonstances particulières où elle se produit. Les prises de vues cinématographiques, qui se font la plupart du temps dans les studios, exigent une lumière de plus en plus forte pour avoir des photographies meilleures. L'éclairage utilisé est de deux sortes : une lumière diffuse pour l'éclairage de fond et des effets de lumière donnés par des projecteurs et des spots. Les plafonniers sont le plus souvent des lampes à arc à feu nu fonctionnant sur courant continu et consommant de 60 à 80 ampères. Pour augmenter la richesse en ultra-violets de la lumière, les électrodes sont des tubes de charbon creux, bourrés d'un mélange métallique. Des lampes mobiles sont montées sur des chariots qui portent un groupe de 5 à 6 lampes Cooper Herwitt à vapeur de mercure.

Les effets de la lumière sont obtenus en dirigeant sur l'artiste un projecteur à réflecteur parabolique. Pour les

éclairages encore plus localisés, on se sert de spots à arc de 70 à 80 ampères, enfermés dans un coffret et dont la lumière est concentrée par une large lentille de verre. La lumière ainsi employée est parfois énorme et consomme plus de 600 kW. Depuis le début des films parlants, on a tendance à employer des lampes à filaments métalliques, elles ont un rendement lumineux 5 ou 6 fois meilleur que les 1/2 watts classiques de 3.000 bougies. Ces lampes ont un rayonnement ultra-violet extrêmement riche.

L'impression visuelle n'est pas très pénible, ce qui favorise l'imprudence. Les metteurs en scène, les électriciens, les machinistes, les opérateurs, ne sont pas obligés de fixer les lampes et ils peuvent porter des lunettes protectrices, mais il est impossible à l'artiste qui joue, directement exposé devant ces lampes, de ne pas les fixer puisqu'elles sont justement placées de tous les côtés pour qu'il soit continuellement sous leur action. De plus, chaque séance effectivement enregistrée est de courte durée : quelques minutes, mais les essais sont longs et répétés et il n'est pas rare que le même artiste reste sur le plateau face aux lampes, une heure ou même plusieurs heures de suite.

Ainsi donc les artistes sont exposés à cette irradiation si intense de rayons ultra-violets, aussi presque tous, dans leur carrière, ont été atteints une ou plusieurs fois de kérato-conjonctivite absolument identique comme signes et évolution à l'ophtalmie électrique que nous venons de décrire; la période d'incubation est cependant un peu plus courte : elle est en général de trois ou quatre heures. On a parfois rencontré des kératites graves. On a cherché à remédier à ces accidents en modifiant les sources lumineuses : les lampes à mercure, du genre de celles utilisées par les photographes ordinaires, ont une lumière excellente pour la vue photographique, mais la cherté et la fragilité excessive de ces tubes rendent leur emploi difficile dans un studio à cause des déplacements successifs des chariots porte-tubes. Radignet avait aussi imaginé de placer devant les lampes à arc

un verre plombaginé, mais il est difficile de s'en procurer; ils sont aussi très chers et enlèvent, nous dit-on, les trois quarts de la puissance photogénique de la source lumineuse.

Le cas est évidemment bien embarrassant, puisque ce sont les mêmes rayons qui sont utiles à la netteté des photographies et nocifs à l'œil.

La kérato-conjonctivite n'est pas toujours en rapport avec la durée d'exposition, de plus les artistes s'habituent à cet éclairage et, en général, les accidents se produisent au début de leur carrière.

IV. — *L'éclairage pratique.*

Nous ne pouvons parler des accidents produits par la lumière artificielle sans dire un mot de l'éclairage électrique pratique. Nous rencontrons dans le commerce, pour les usages domestiques, trois types principaux de lampes électriques :

1° La lampe à filament de charbon, la plus ancienne des lampes électriques, constituée par une fibre de bambou calcinée dans le vide et enfermée dans une ampoule en verre à l'intérieur de laquelle le vide barométrique a été fait. La lumière produite tire sur le jaune orangé; en plus du rayonnement visible, surtout riche en jaune orangé et rouge, nous y trouvons une quantité considérable de rayons infra-rouges, mais pas d'ultra-violets.

2° La lampe à filament métallique monowatt, constituée par un filament de métal étiré (alliage riche en tungstène, en général) placé dans une ampoule en verre à vide très poussé. La lumière tire moins sur le jaune orangé que la précédente; cette lampe émet, en plus d'un rayonnement visible très riche dans toute son étendue, une petite quantité d'infra-rouges.

3° La lampe 1/2 watt à filament métallique analogue à la précédente, mais dont le filament est plus court. D'autre

part, l'ampoule avant d'être vidée a été rincée plusieurs fois avec un gaz inerte (azote ou argon), de telle façon qu'au premier allumage le filament ne soit point oxydé par un reste d'oxygène. Cette précaution permet de porter beaucoup plus haut la température du filament que dans la lampe monowatt, et, à consommation égale d'énergie électrique, d'obtenir un meilleur rendement lumineux. Cette lumière est la plus brillante, le filament nous paraît entouré d'une sorte de halo très brillant; cette lampe émet un rayonnement visible tirant un peu sur le violet, plus un riche faisceau de rayons ultra-violets, tout en émettant la majorité des radiations dans l'infra-rouge. D'après les notions que nous possédons déjà, nous nous attendons à la plus grande nocivité de la lampe 1/2 watt, et, en effet, c'est elle qui est le moins bien supportée à cause de ses radiations ultra-violettes. Ce fait démontre aussi que le prétendu antagonisme entre les ultra-violets et les infra-rouges n'existe pas pour l'œil : la lampe au filament de charbon qui n'a pas d'ultra-violet est très bien tolérée, de même la lampe monowatt; alors que la lampe 1/2 watt où les radiations devraient se compenser le plus est la plus dangereuse. Il faudrait donc conseiller la lampe monowatt. En matière d'éclairage la durée d'exposition a une grande importance, sous des conditions certaines de santé, l'exposition prolongée à des degrés même modérés de lumière peut être nuisible, cela est dû à la faiblesse de la résistance naturelle.

En tout cas, les accidents produits par l'éclairage pratique ne sont jamais bien aigus, ils sont dus à une intensité exagérée de la lumière et, le plus souvent, ne se produisent que chez des sujets prédisposés.

L'accomplissement des différents travaux dans de bonnes conditions exige une intensité variable d'éclairement : 80 lux pour une salle de couture; 50 lux pour un bureau; 30 lux pour un salon, une chambre ou une salle à manger; 1 à 10 lux pour les voies publiques; 60 lux pour les gros travaux industriels; 200 pour les travaux fins et 500 pour

les travaux très fins; au-dessous de 30 lux, les écoliers souffrent d'un manque de lumière. Ces chiffres sont bien minimes quand on songe qu'au soleil, en rase campagne, l'éclairement atteint 80.000 lux, et à l'ombre, dans les mêmes conditions, 5.000 lux. Pourtant, à la lumière électrique, quand la puissance est un peu élevée, on trouve parfois des accidents. L'éblouissement est assez fréquent; il est aisé souvent de l'éviter en plaçant les lampes suffisamment haut pour qu'elles ne se trouvent pas dans le champ habituel du regard. On admet que la droite joignant chaque lampe à l'œil doit faire un angle d'au moins 30° avec l'horizontale; ou alors on peut user de diffuseurs, qui diminuent la clarté.

En dehors de l'éblouissement, nous rencontrons fréquemment des accidents chroniques, surtout actuellement, où l'on emploie de forts éclairages électriques avec des lampes 1/2 watt. On constate une gêne oculaire persistante avec une sensation de picotement, de lourdeur orbitaire s'accompagnant de larmoiement léger et de photophobie. Les globes oculaires sont rouges avec une légère injection périkératique, souvent les paupières sont légèrement enflammées et œdématiées. Les sujets se plaignent fréquemment de céphalée.

Ces complications ont une évolution essentiellement chronique et progressive. Le malade guérit aussitôt qu'on le préserve des radiations nocives. Mais les rechutes sont de règle, si le malade se trouve de nouveau exposé aux radiations.

Pour terminer, notons que dans l'industrie la tendance de l'éclairage par l'arc électrique s'étend peu à peu, aussi les accidents sont plus fréquents et plus aigus que les précédents.

V. — *La lumière et l'œil malade.*

Jusqu'à présent, nous n'avions étudié que l'action des lumières naturelle et artificielle sur l'œil normal, mais l'œil

malade est beaucoup plus sensible aux radiations nocives.

Tout d'abord, les aphaques n'ont plus le meilleur protecteur contre les rayons ultra-violets, la plus grande partie d'entre eux arrivent jusqu'à la rétine, qu'ils rendent très fluorescente, ce qui gêne beaucoup la bonne perception des objets, surtout par les temps très ensoleillés. On constate assez souvent chez eux une inflammation active de la rétine ou de la choroïde. Quant à l'érythropsie, que nous trouvons si fréquemment chez les aphaques, elle provient de l'adaptation de la rétine à l'obscurité avant l'extraction du cristallin, d'où la sensibilité extrême à la lumière. Ce trouble disparaît après quelques mois.

La plupart des affections aiguës oculaires s'accompagnent de photophobie, les lésions diminuent la résistance des tissus aux différentes radiations, une lumière même faible est douloureuse à supporter, aussi le malade ferme-t-il fréquemment les paupières. Cette hypersensibilité à la lumière se produit aussi dans quelques affections extra-oculaires, comme la méningite, la neurasthénie.

Enfin, il y a des sujets qui ont les yeux d'une grande sensibilité, aussi sont-ils constamment gênés à la lumière tant soit peu intense. Ce sont eux qui sont atteints de ces conjonctivites chroniques et récidivantes à la lumière ordinaire du jour et à l'éclairage électrique moyen : des verres très foncés, seuls, les guérissent de cette affection.

Les auteurs ont aussi constaté que l'ophtalmie électrique et, surtout, l'ophtalmie des artistes de cinéma, sont plus fréquentes chez les myopes, les sujets âgés.

Résumons l'effet de la lumière sur l'œil humain. Dans les latitudes moyennes, la lumière solaire, en plaine et à des hauteurs moyennes peut être considérée comme physiologique, de même l'éclairage artificiel ordinaire; l'œil, dans ces conditions, n'a besoin d'aucune protection. Mais dans des circonstances particulières, lors d'un séjour prolongé sur terre ou sur mer, pendant la canicule et par un soleil vif, dans les excursions en haute montagne, et notamment sur

les cimes neigeuses, les glaciers, la cornée et la conjonctive doivent être protégées contre les radiations ultra-violettes de courte longueur d'onde, et la rétine contre les radiations visibles trop intenses.

Dans l'industrie, en dehors du cas des souffleurs de verre qui doivent se protéger presque exclusivement contre les infra-rouges; les autres : soudeurs autogènes, artistes de cinéma, doivent se garantir contre les ultra-violets et les rayons visibles trop intenses.

Pour conclure, nous dirons qu'il faut : supprimer tous les rayons ultra-violets inférieurs à 0 μ 32, diminuer l'intensité lumineuse lorsqu'elle est trop intense; supprimer ou du moins diminuer les radiations infra-rouges de 0 μ 7 à 1 μ 3, qui produisent parfois des accidents sérieux du côté du cristallin et de la choroïde.

Pour arrêter ces différentes radiations, on utilise presque exclusivement les verres colorés.

CHAPITRE III

LES VERRES COLORES

I. — *Verre blanc.*

Avant d'aborder la question de la fabrication des verres colorés, étudions d'abord le verre blanc ordinaire. Le verre est, chimiquement, un mélange, et non une combinaison, de polysilicates alcalins, alcalino-terreux ou plombeux, fondus en une masse transparente, amorphe, susceptible de se travailler à l'état pâteux et de prendre, par soufflage ou coulage, les formes les plus diverses; à l'état solide, on peut modifier sa forme par la taille.

Les éléments qui entrent dans la composition des verres usuels sont assez nombreux. L'acide silicique y est introduit ordinairement sous la forme de sable quartzeux, dont le type est le sable de Fontainebleau. La potasse et la soude sont introduites à l'état de carbonate et parfois de sulfate, la chaux à celui de carbonate naturel : craie ou marbre; le plomb sous forme d'oxyde. L'alumine, que l'on ajoute à certains verres à l'état de silicate (kaolin et feldspath) ou de sulfate, donne aux verres une résistance spéciale, c'est du moins à sa présence que l'on attribue la bonne conservation des verres anciens. Le verre blanc translucide, dit opale, est opacifié surtout par de l'acide phosphorique à l'état d'os calciné (phosphate de chaux) et par de l'acide fluorhydrique, introduit sous la forme de fluorure de calcium naturel (spath-fluor) et de fluorure d'aluminium et de sodium (cryolithe). L'oxyde de plomb entre dans la fabrication du cristal, qui lui doit sa limpidité et sa sonorité. L'acide borique est

utilisé pour certains verres spéciaux, dans lesquels on le substitue partiellement à l'acide silicique. Les verres boro-silicatés ne sont guère employés que pour les appareils de physique et de chimie. Pour qu'un verre soit de bonne qualité, il est nécessaire que l'acide silicique prédomine : l'excès de chaux le rend dur et difficile à travailler; l'excès de potasse ou de soude lui enlève toute résistance aux agents chimiques et même simplement atmosphériques. Dans le cristal, cependant, la quantité de silice ne peut être inférieure à celle du plomb.

On distingue : les verres à une seule base (potasse ou soude), dont on se sert pour durcir les pierres tendres (silicatisation); les verres potassico-calciques ou sodico-calciques (verre blanc, verre de Bohême), servant à la fabrication de la verrerie fine, de la gobeleterie et du crown glass; les verres potassico-plombeux, servant à la fabrication du cristal, du flint, du strass; les verres à base d'alcali, chaux, alumine et fer (verre vert, verre à bouteilles); les émaux, titanates, boro-silicates et silicates potassico-plombeux, servant à l'imitation des pierreries et pour les couvertes de poteries.

Les composants sont mélangés intimement, puis calcinés pour en chasser l'eau (fritte); on ajoute au mélange, s'il y a lieu, des débris de verre (graisil), puis on le met dans des creusets ou pots en verre réfractaire, contenant 600 à 800 kilogrammes de matière et que l'on glisse dans des fours dont la température est poussée progressivement jusqu'à 1.200°. La masse fond peu à peu, se vitrifie; on brasse le mélange (maclage); on l'écume pour en retirer les impuretés qui surnagent (fiel de verre); puis la température du four est abaissée jusque vers 800°, la masse vitreuse conserve alors la viscosité voulue pour être travaillée, le degré de liquéfaction varie suivant que le verre doit être soufflé ou coulé.

Le verre le plus couramment employé est le verre soufflé, analogue au verre à vitres ordinaire. Il est livré en feuilles

comme ce dernier. On l'obtient en fondant un mélange convenablement dosé de sable très pur, de sulfate de soude, de chaux, de charbon en poudre et de débris de verre, de façon à obtenir une feuille dont la tranche soit transparente au lieu d'être verdâtre, comme celle du verre ordinaire.

II. — *Fabrication des verres colorés.*

Dans cette étude, nous entendrons par verres colorés non seulement ceux qui nous paraissent à première vue teintés de toute évidence, mais encore une autre catégorie de verres qui paraissent aussi incolores que le verre de vitre vus de face, mais qui, vus par la tranche, nous offrent une teinte légère. Nous ne pouvons séparer ces verres, d'autant plus que tous ont la propriété de nous protéger des radiations nocives.

On obtient la coloration du verre en mettant à profit la propriété du verre en fusion de dissoudre énergiquement des oxydes et des sels métalliques.

Le ton verdâtre, comme le verre à bouteilles, résulte soit directement de la présence d'un peu d'oxyde de fer dans le sable quartzeux, soit de l'addition de peroxyde de manganèse. En forçant la dose de manganèse dans les verres communs, on peut faire varier du jaune au brun. Pour avoir un beau verre jaune orangé, il faut ajouter au verre blanc un peu de soufre. Le jaune est encore obtenu soit par du sulfate de cadmium, soit par de l'uranate de sodium (ces sels sont improprement appelés, dans les verreries, oxydes d'urane). En combinant un uranate alcalin avec le sélénium, on a un beau ton orangé.

Le sulfo-séléniure de cadmium donne, lorsque le cadmium n'est pas en excès, une teinte rouge éclatante mais difficile à obtenir. Dans la fabrication courante, le rouge est produit par addition de 1/10.000 d'or dans un verre plombeux. La présence d'une très petite quantité d'argent fait virer au rose.

Le cuivre avec l'oxyde de fer donne également un rouge très vif.

Le bleu est produit par l'oxyde de cuivre, dans les verres alcalins, et le verre violet par l'oxyde de manganèse.

Voilà pour les couleurs principales. Toutes les nuances intermédiaires sont produites par des combinaisons appropriées des diverses matières colorantes qui viennent d'être indiquées.

Pour les verres habituellement usités dans le commerce, voici les différents sels employés : les verres fumés sont teintés avec les oxydes de nickel, de fer, de cobalt, de manganèse; les verres bleus par les oxydes de cobalt et manganèse; les verres jaunes de Motais par l'oxyde d'argent; les verres Fieuzal par les oxydes de fer, de manganèse et d'urane.

Quant aux verres, incolores quand ils sont vus de face et un peu teintés quand ils sont vus de profil, on les obtient en incorporant au verre ordinaire en fusion et dans les proportions déterminées de l'oxyde de plomb et des oxydes de terres rares : oxydes de titane, de cérium (Ce^2O^3); de lautane, de didyme (Di^2O^3); ces oxydes donnent au verre une teinte très légèrement rosée en général.

Tandis que, si l'on augmente la proportion de ces substances de terres rares, la coloration n'augmente que d'une façon insensible; si l'on augmente la proportion des sels métalliques ordinaires cités plus haut, la coloration du verre augmente nettement d'intensité.

De même, à concentration égale, plus un verre sera épais, plus il sera foncé.

Par ces différents moyens nous obtenons des verres colorés dans toute leur masse, mais on fabrique aussi des verres qui ne sont colorés que dans une partie de la masse : ce sont les verres à deux couches ou verres doublés. On peut procéder de deux façons et dans des buts différents.

Le verre rouge au cuivre, toujours très chargé en colorant, paraît noir; pour l'utiliser, on plonge rapidement dans sa masse liquéfiée le verre blanc ordinaire, qui se recouvre

ainsi d'une pellicule de verre rouge; celui-ci, sous une faible épaisseur, apparaît avec sa coloration réelle. On procède souvent de la même façon pour les verres bleus à base colorante d'oxyde de cobalt, mais c'est alors dans un but économique, car cet oxyde est d'un prix assez élevé. Le fabricant a donc intérêt à n'appliquer sur le verre blanc qu'une légère couche de verre bleu où, en somme, par transparence, l'effet est sensiblement le même que si toute la masse était colorée.

Les verres correcteurs des amétropies fortes présentent une différence notable d'épaisseur entre le centre et la périphérie, aussi, s'ils sont colorés, n'ont-ils pas la même teinte dans toutes leurs parties : tantôt le centre est plus foncé parce que la matière y est plus épaisse (verres convexes), tantôt et pour une raison inverse, les bords le sont davantage (verres concaves). Pour obvier à cet inconvénient, des fabricants ont mis sur le marché des verres isochromes, ainsi appelés parce qu'ils ont une teinte égale sur toute la surface, quel que soit leur foyer et quelle que soit leur coloration. Voici le principe de la fabrication de ces verres : à chaud, on applique sur une lame de verre blanc, d'épaisseur voulue, une autre lame de verre coloré; on remet au four les deux plaquettes, qui, sous l'effet de la chaleur, se ramollissent et se soudent; on obtient ainsi une plaquette colorée, soudée à une plaquette de verre blanc. C'est cette dernière partie qui est la seule travaillée, soit en verres plans convexes ou concaves, soit en verres plans cylindriques.

On a, par le même procédé, des verres isochromes de forme coquille ou périscopique, en les ramollissant et en les courbant au four. On polit ensuite la matière colorée et on surface la matière blanche.

Contrairement à ces verres, dont la coloration est identique sur toute leur étendue, on a fabriqué des verres dits de teinte dégradée : ils sont formés de deux plaquettes soudées à chaud, l'une de Crown blanc et l'autre teintée, la

partie colorée est ensuite enlevée complètement sur une portion du verre et laissée sur l'autre portion en épaisseur dégradée allant du foncé au clair. Dans d'autres verres, cette partie colorée est enlevée en épaisseur dégradée sur toute la surface sans une portion incolore. Ainsi ces verres ont une teinte qui va en diminuant d'une façon insensible : la partie la moins colorée est en bas ou en haut suivant le but que l'on veut atteindre.

D'autres méthodes que ces verres colorés dans la masse ont été employées pour les verres protecteurs. En 1899, fut pris en France un brevet relatif à l'emploi d'une solution de 85 parties de triphénylméthane dans 100 parties de xylol : cette solution incolore absorberait tous les ultra-violets par une épaisseur de 2 mm. à 2 mm. 5. D'autres substances ont la même propriété : certains nitrates, le sulfate de quinine, et surtout l'esculine : 0 g. 000.125 par cm^2, arrêteraient les ultra-violets; elle est très soluble dans l'eau et incolore. Dans un volume donné de solution aqueuse à 5 p. 100 de gélatine, un poids constant d'esculine était dissous. Sur l'une des faces d'un verre, on étendait 5 cm^3 de solution pour 100 cm^2, après dessiccation, on recouvrait d'un verre protecteur, fixé à celle-ci par du baume de Canada. Ce verre présentait une teinte jaunâtre très légère quand il était examiné par transparence, par réflexion apparaissait une fluorescence bleue, visible surtout à la lumière du jour ou à une lumière artificielle émettant des radiations ultra-violettes avec une certaine abondance; donc ce verre avait une intensité de coloration identique partout. Nous dirons immédiatement que nous n'avons pu retrouver ces verres, ils ont disparu du marché, sans doute à cause de la supériorité des verres modernes en matière filtrante.

Enfin, on a employé l'électricité pour colorer certains verres en noir.

La teinte des verres colorés est plus ou moins foncée; la graduation des teintes, dans chaque série, est actuellement très mal définie par le numérotage des fabricants, dont les

échelles ne correspondent pas entre elles, si bien que le médecin oculiste est très embarrassé pour ordonner le verre qui lui paraît le plus apte à réaliser le but thérapeutique cherché. Il y a quelques années, la teinte s'indiquait par des numéros allant habituellement de 0 à 8, de la teinte la plus claire à la plus foncée; cette classification était très mauvaise : pourquoi, en effet, tant de nuances ? dans quels cas ordonner le n° 5 au lieu du n° 6, par exemple, dont la différence est à peine perceptible; cette complication est encore accrue par le fait que le n° 6 d'une marque pouvait très bien correspondre au n° 8 d'une autre marque. De nos jours, le nombre des nuances a diminué; les chiffres ont été remplacés par des lettres : A, B, C, et parfois D, en allant de la teinte la plus claire à la plus foncée; certains fabricants ont compliqué cette graduation pour quelques marques spéciales : nous trouvons par exemple les teintes DA, DB, DC. En tout cas, nous devons louer cette simplification, d'autant plus que nous pouvons dire d'ores et déjà que pour la lumière solaire quatre tons suffisent amplement, et trois pour la lumière artificielle.

Pour connaître le numéro de ces teintes, il n'y a ainsi qu'une façon de procéder : c'est de placer les verres à déterminer à côté d'autres verres dont on connaît le numéro; mais, lorsque les verres colorés proviennent de fusions différentes ou de livraisons faites à diverses époques, il est très difficile d'en trouver deux qui aient rigoureusement la même teinte.

On peut donner aux verres colorés toutes les formes que l'on veut; il en existe de plans, de périscopiques sans foyer, de convexes, concaves, cylindriques, etc.

III. — *Radiations et verres colorés.*

Après la fabrication des verres colorés, étudions ce qui nous intéresse le plus : les modifications que subissent les radiations en traversant ces verres. Examinons tout d'abord

ce phénomène d'une façon générale, ensuite nous nous occuperons des différentes variétés que nous trouvons dans le commerce.

Quand un faisceau lumineux traverse une lame transparente, les diverses radiations qui le composent ne sont pas transmises intégralement : une partie est absorbée par la lame (en réalité, une portion de cette dernière est réfléchie). Si cette absorption s'exerce également sur toutes les radiations visibles du faisceau, on dit que la lame présente une couleur d'un gris neutre plus ou moins foncé, suivant que les radiations sont plus ou moins absorbées. Mais, en général, l'absorption n'est pas la même pour les diverses radiations qui impressionnent notre œil; on dit alors que la lame est colorée, présentant dans toutes ses parties la même épaisseur; autrement dit, une lame colorée à faces parallèles. Les diverses radiations qui composent le faisceau incident sont donc inégalement absorbées par les filtres colorés, et certaines d'entre elles peuvent être complètement arrêtées. Le verre prend la couleur des radiations qui le traversent. Prenons, par exemple, un verre jaune et examinons le spectre visible; si on l'éclaire avec une lumière blanche comprenant toutes les radiations du spectre, on constate que derrière ce verre-écran il ne passe presque plus qu'une lumière colorée : les rayons jaunes (dont les longueurs d'onde vont de 5.700 Å à 6.000 Å, comme nous l'avons dit plus haut) sont transmis, tandis que les autres sont absorbés en presque totalité. Il faut remarquer que toutes les radiations jaunes de la lumière incidente ne traversent pas le verre : une partie est réfléchie; de plus, pour les autres radiations : celles dont la longueur d'onde est voisine de 570 ou 600 mμ traversent aussi le verre, mais en bien moindre quantité, et d'autant moins que la longueur d'onde s'écarte davantage de celle des rayons jaunes. Pour représenter ce fait, qui varie avec chaque écran, on utilise un graphique qui donne une courbe caractérisant l'écran. Cette courbe est dite courbe de transmission

ou courbe d'absorption, selon qu'elle donne le rapport entre la partie transmise et la totalité du rayonnement ou le rapport entre la partie absorbée et la totalité des radiations. Ce rapport est couramment indiqué en pour-cent du rayonnement reçu par l'écran. En pratique, on trace la courbe en prenant comme abscisses les longueurs d'onde, et comme ordonnées les pour-cent de transmission ou d'absorption. Pour chaque longueur d'onde, on indique la quantité absorbée ou la quantité transmise; le total est évidemment égal à 100 p. 100.

Depuis quelque temps, on utilise une autre échelle d'ordonnées pour l'établissement des courbes des verres. Au lieu du pourcentage d'absorption, on utilise la « densité optique » : c'est la propriété que possède un verre de ne laisser passer qu'une certaine fraction des radiations reçues. Cette densité optique D = logarithme $\frac{\text{lumière incidente}}{\text{lumière transmise}}$, autrement dit :

D 0 laisse tout passer;
D 1 laisse passer 1/10 des radiations incidentes;
D 2 laisse passer 1/100;
D 3 laisse passer 1/1.000, etc.

Nous trouverons, par exemple, pour un verre jaune : D = 3 dans le violet, 2 dans le bleu vert, 1 dans le jaune, 2 dans l'orange, 3 dans le rouge. Ainsi nous voyons qu'il y a plus de transparence pour le jaune.

Nous n'avons parlé que des rayons lumineux, mais nous pouvons procéder de la même façon pour les ultra-violets et les infra-rouges, et, en général, sur les courbes, on indique toutes les radiations visibles et invisibles.

Nous utiliserons le premier genre de courbe, car, à notre avis, la compréhension est beaucoup plus simple.

De quoi dépend la transmission des radiations à travers un verre coloré ? Trois facteurs influent : les composants colorants du verre, la concentration des composants et l'épaisseur du verre.

Nous avons déjà vu que les oxydes de terre rare n'influent qu'insensiblement sur les rayons lumineux visibles, puisque le verre reste presque incolore, alors qu'ils absorbent en grande quantité les rayons ultra-violets. Contrairement, beaucoup d'oxydes métalliques, comme ceux de manganèse, de cobalt, de cadmium, incorporés dans les verres, réduisent considérablement la transmission des rayons visibles, et peu celle des rayons invisibles. Enfin, les différentes radiations visibles sont plus ou moins transmises suivant la couleur du verre, autrement dit suivant les sels incorporés.

L'absorption par rapport à la concentration de certains composants du verre est régie par la loi de Beer : « La constante d'absorption est proportionnelle à la concentration de l'oxyde absorbant se trouvant dans le verre. » Cette loi ne vise que la concentration du colorant dans le verre fini et non dans le mélange mis dans le creuset; la fonte, produisant des réactions entre les divers éléments, peut, selon la conduite et les divers procédés utilisés, modifier sensiblement le résultat final; ainsi, par exemple, l'oxyde de fer entrant dans la composition de certains verres peut s'y trouver sous forme de Fe^2O^3, ou sous forme de FeO; Fe^2O^3 donne une coloration jaune verdâtre avec peu d'absorption dans l'infra-rouge; FeO donne une coloration plutôt bleu verdâtre, avec une absorption appréciable dans l'infra-rouge. Et au cours de la fonte, l'un des deux oxydes ci-dessus peut, en plus ou moins grande partie, par oxydation ou réduction, se transformer en l'autre.

La loi de Lambert vise l'épaisseur et la transmission : « Si l'épaisseur augmente en progression arithmétique, la lumière transmise diminue en progression géométrique. » Ici, la notion de densité optique est intéressante. En effet, d'après la loi précédente, la densité optique d'un verre est proportionnelle à son épaisseur; ainsi, prenons un verre de 2 mm., de densité 3; il transmet donc 1/1.000 de la lumière incidente; si nous prenons un verre de même nature, de 4 mm., il aura

une densité de 6, autrement dit il ne transmettra que 1/1.000.000 de la lumière incidente. Nous n'avons parlé ici que de la densité moyenne de toutes les radiations, mais nous pouvons dire de même pour chaque longueur d'onde.

IV. — *Etude des verres colorés du commerce.*

Pour nous renseigner sur les verres du commerce, nous nous sommes adressé à la plupart des grands fabricants français, et nous leur avons demandé de nous confier quelques échantillons. Sur les 23 maisons auxquelles nous avons écrit, 8 n'ont même pas daigné nous répondre, 5 se sont contentées de nous fournir quelques renseignements, et, enfin, les 10 autres nous ont adressé des verres et des prospectus. Nous nous sommes ainsi trouvé en possession d'une soixantaine de verres différents, qui ont été examinés.

Nous pouvons répartir ces verres dans deux groupes : les verres colorés ordinaires et les autres, que nous appellerons spéciaux. Pour les premiers, toutes les maisons les fabriquent : ce sont les verres Fieuzal, jaunes, fumés, bleus, sans parler de plusieurs autres verres peu employés, dont les propriétés sont identiques à celles des verres cités plus haut : ainsi les verres roses, azur, améthyste. Les verres spéciaux sont ainsi appelés parce qu'ils ont la propriété de retenir les radiations de certaines longueurs d'onde, tout comme les verres précédents, mais ils ont un nom distinctif. Ces verres ont une épaisseur qui va de 1 mm. 6 à 3 mm. Evidemment, il aurait été souhaitable qu'ils aient tous la même épaisseur, mais nous sommes obligé de nous contenter des verres qui nous ont été fournis. D'ailleurs, dans cette étude sur les verres colorés, nous nous plaçons surtout au point de vue pratique : nous voulons connaître les propriétés des verres tels qu'ils sont dans le commerce et, enfin, peu importe que nous portions sur le nez des verres de 2 ou 3 mm.

Au Laboratoire de physique médicale et pharmaceutique de

M. le Professeur Sigalas, sous la direction de M. Basset, chef du Laboratoire, nous avons examiné l'absorption des radiations lumineuses et ultra-violettes par tous les verres qui étaient à notre disposition. Nous nous sommes servi du spectrographe à réseau de Zeiss, avec optique en quartz; la source lumineuse était un arc au charbon à âme de fer, dont la température est de 3.000 à 3.500°. La lumière pénétrait dans l'appareil par une fente de 4/100 de millimètre, devant laquelle on plaçait successivement tous les verres. Le temps de pose était de 12 à 14 secondes. Nous avons ainsi obtenu deux séries de clichés : l'une donnant l'absorption des rayons visibles, et l'autre celle des radiations ultra-violettes. Nous avons ensuite caractérisé l'absorption des radiations dans l'échelle des longueurs d'onde, graduée par le constructeur, à l'aide du microscope à chariot micrométrique de Pellin.

Pour plus de facilité, nous allons classer les verres en plusieurs catégories, en nous basant sur leur coloration : verres incolores, verres vert bleuâtre, verres fumés, verres bruns, verres jaunes, verres vert jaunâtre et, enfin, verres bleus.

1° Verres incolores.

Occupons-nous tout d'abord des verres dits incolores. Ces verres ne le sont pas à proprement parler, car, vus par la tranche, ils présentent tous une teinte rosée ou jaune; mais, vus de face, ils paraissent absolument incolores. D'ailleurs, nous disons bien que le verre de vitre est incolore, alors que, par la tranche, il présente une coloration vert bleuâtre très nette. Ces verres ont tous la dénomination de A, car ils font partie de séries de verres spéciaux, dont les teintes B, C, D, sont colorées.

Les chiffres ci-dessous indiquent la longueur d'onde minima au-dessous de laquelle les radiations sont toutes absorbées :

Diaphane A (épaisseur 1 mm. 4) : 3.570 Å;
Dichroraï A (3 mm.) : 3.580 Å;

Dichros A (1 mm. 8) : 3.650 Å;
Dichroyal A (1 mm. 6) : 3.600 Å;
Filtray A (2 mm. 1) : 3.530 Å;
Filtrogo A (3 mm.) : 3.620 Å;
Ophtane A (2 mm.) : 3.625 Å;
Stigmal A (2 mm.) : 3.590 Å;
Verre crown blanc ordinaire (2 mm.) : 3.000 Å.

Ces verres sont transparents aux radiations lumineuses dans la proportion de 83 à 91 %, nous pouvons donc dire qu'ils se laissent complètement traverser, tout comme le verre crown, dans lequel sont taillés les verres correcteurs ordinaires, verre qui transmet 90 % des radiations visibles.

Quant aux rayons infra-rouges, ils sont très peu absorbés. D'après les renseignements que nous avons pu obtenir, ces verres n'absorbent pas plus que le crown blanc ordinaire.

Les courbes de la figure 1 sont établies d'après celles de l'Institut d'optique de Paris, qui donnent, soit les coefficients d'absorption, soit les coefficients de transmission. Nos courbes indiquent les coefficients de transmission; elles nous montrent bien la supériorité des verres spéciaux sur le verre crown blanc dans le spectre ultra-violet et leur égalité dans les spectres infra-rouges et visible. Deux de ces verres ont une transparence moindre dans la zone de la plus grande luminosité, mais cette différence est assez faible.

Ainsi donc cette série est caractérisée par une absorption presque nulle des rayons visibles et des infra-rouges, alors que les radiations ultra-violettes sont absorbées en moyenne jusqu'à 3.600 Å, alors que le verre correcteur ordinaire arrête jusqu'à 3.000 Å seulement. Or, dans notre étude sur les radiations nuisibles, nous avons dit qu'au-dessus de 3.200 Å, les radiations ultra-violettes, même avec une grande intensité, ne produisent pas de troubles anatomiques sur l'œil; les verres incolores spéciaux sont donc parfaits à ce point de vue; bien plus, tous les sujets qui ont leurs verres correcteurs

taillés dans ces matières spéciales sont unanimes à reconnaître que ces verres adoucissent énormément la vue, même par un soleil peu intense; c'est que les radiations supérieures à 3.200 Å, si elles ne produisent pas de lésions apparentes, causent cependant une certaine gêne fonctionnelle.

VERRES INCOLORES

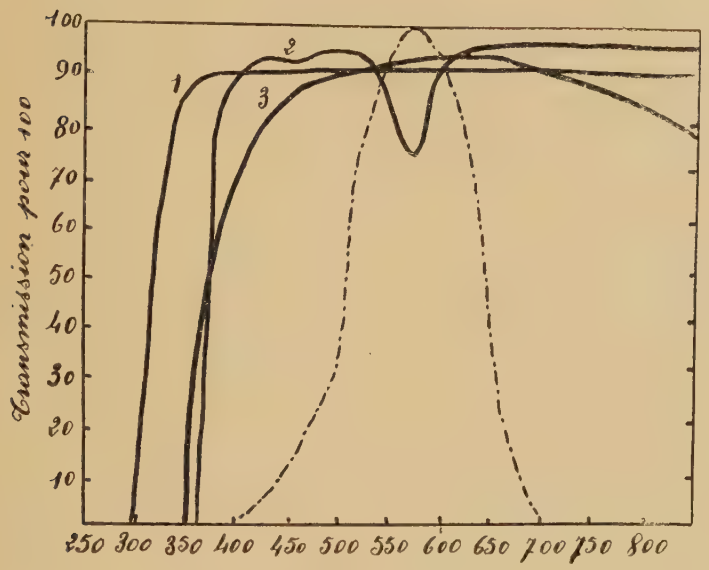

Fig. 1.

1. Verre crown blanc ordinaire. — 2-3. Verres spéciaux incolores.
En pointillé : courbe de luminosité en fonction de la longueur d'onde

Ainsi, pour nous prémunir contre les radiations ultra-violettes, seuls, les verres incolores spéciaux sont parfaits. Evidemment, pour un sujet aux yeux normaux, il serait stupide de conseiller ces verres pour se protéger contre les radiations ultra-violettes du soleil, en temps ordinaire; l'inconvénient de porter des lunettes est plus grand que l'avantage qu'on peut en tirer; mais, pour les amétropes, les verres incolores spéciaux sont très supérieurs au crown blanc ordinaire.

2° Verres vert bleuatre.

Comme les précédents, ces verres sont encore très peu colorés; nous les avons séparés des verres incolores, car, vus de face, ils présentent une teinte légèrement vert vitre, et, de plus, ils ont des propriétés spéciales : voici leur épaisseur et leur absorption limite dans la région ultra-violette du spectre:

Radiarex (2 mm. 7) : 3.460 Å;
Uro-Punktal 40 (1 mm. 9) : 3.440 Å;
Uro-Punktal 70 (1 mm. 9) : 3.453 Å;
Uvirgo clair (2 mm. 9) : 3.510 Å;
Uvirgo foncé (2 mm. 4) : 3.625 Å.

Leur moyenne d'absorption est de 3.500 Å; ils sont donc parfaits à ce point de vue.

Uvirgo foncé et Uro-Punktal 70, plus colorés que les autres, transmettent 70 ou 75 % des radiations visibles, les trois autres 80 à 90 %.

Sous ces deux aspects, ces verres sont pour ainsi dire identiques aux verres incolores; ce qui les distingue spécifiquement, c'est l'absorption des radiations infra-rouges, contrairement aux verres précédents : ils en absorbent 50 à 75 %.

Cette série se caractérise par une transparence presque complète dans le spectre visible et par une grande absorption dans les spectres infra-rouge et ultra-violet.

3° Verres fumés.

Cette série comprend de nombreux spécimens. Comme dans les séries précédentes, nous indiquons leur épaisseur et leur absorption minima au-dessous de laquelle aucune radiation ne passe :

Verres fumés ordinaires de 2 mm. : A, 3.075; B, 3.078; C, 3.120; D, 3.060;
Diaphane : B (1 mm. 5), 3.570; C (1 mm. 5), 3.528;
Diehros : B (1 mm. 6), 3.505; C et D (1 mm. 5), 3.625;

Dichroyal : B (1 mm. 6), 3.630; C (1 mm. 5), 3.600;
Filtrogo : B (3 mm.), 3.510; C (3 mm.), 3.530;
Ophtane : B (2 mm.), 3.520; C et D (2 mm. 20), 3.550;
Stigmal (2 mm.) : AB, 3.590; B, 3.610, et C, 3.555.

Nous constatons tout d'abord que les verres fumés ordinaires du commerce sont insuffisants pour la protection des yeux contre les radiations ultra-violettes : il faut une absorption supérieure à 3.200, et ici la moyenne est 3.075, ces verres absorbant à peine un peu plus que le Crown blanc ordinaire. Quant aux verres spéciaux leur moyenne est de 3.550 Å, ils sont parfaits, comme ceux des deux catégories précédentes.

Nous remarquons dans le tableau ci-dessus — et le fait se produira pour les séries suivantes — que la limite d'absorption des radiations ultra-violettes n'augmente pas avec l'accroissement de l'intensité de la coloration du verre, comme nous serions tenté de le croire; bien plus, parfois un verre absorbe davantage de rayons ultra-violets qu'un autre de même marque et plus foncé : cette constatation s'explique : pour arrêter les radiations ultra-violettes, les fabricants incorporent à la masse du verre des sels de terres rares et de plomb qui donnent un verre incolore et la coloration est due à d'autres oxydes métalliques : ainsi l'absorption des ultra-violets dépend uniquement de la proportion de ces sels rares et de l'épaisseur du verre. De plus, si nous prenons deux verres de même marque, de même numéro, mais provenant de fusions faites à des époques différentes, nous ne trouvons presque jamais la même absorption dans le spectre ultra-violet; cela provient des réactions variables qui se produisent dans la fusion alors que la proportion des constituants est toujours identique dans le mélange que l'on va faire fondre.

Quant aux radiations lumineuses visibles, ces verres absorbent d'autant plus qu'ils sont plus foncés; nous avons pu les comparer, puisqu'ils sont tous neutres. Voici les cor-

respondances que nous avons trouvées en allant des verres les plus clairs aux plus foncés.

Dichros B = fumé A (presque incolores);
Ophtane B = Stigmal AB = fumé B;
Diaphane B = Dichroyal B = Filtrogo B = Ophtane C = Dichros C = Stigmal B = fumé C;
Dichros D = Dichroyal C = Diaphane C = Filtrogo C = Ophtane D = Stigmal C = fumé D.

Dans ce tableau, nous notons un fait regrettable : c'est que, dans une même catégorie, les verres de même numéro ne correspondent pas à la même absorption des radiations visibles, d'où la difficulté pour l'oculiste de conseiller telle ou telle teinte. En moyenne, B transmet 60 p. 100 des radiations visibles, C, 40 p. 100, et D, 30 p. 100 (la teinte A a été classée parmi les verres incolores). Les verres fumés absorbent les radiations uniformément d'une extrémité à l'autre du spectre visible, d'où le nom de verres neutres sous lequel on les désigne habituellement; ainsi ces verres ont l'avantage, sur d'autres, de ne modifier que peu les valeurs de couleur, comme nous le verrons plus loin. Dans les nuances les plus sombres cependant, comme résultat de la transparence accrue dans le rouge, les objets, comme le soleil, ont une teinte rougeâtre. Enfin, ces verres diminuent un peu l'acuité visuelle, tandis que les verres de toutes les autres séries, sauf la série brune, nous ont permis une acuité visuelle de 11/10; les teintes foncées fumées ne nous ont permis que 10/10 faible.

Dans le spectre infra-rouge, ces verres ont une assez faible absorption : de 10 à 20 p. 100 seulement.

Ainsi, en dehors des verres fumés ordinaires, qui n'absorbent que les rayons visibles, cette catégorie est caractérisée par la grande absorption des radiations ultra-violettes, par l'absorption des radiations visibles dans une proportion variable avec la teinte et par une absorption faible des radiations infra-rouges.

4° Verres bruns.

Comme ces derniers, ils sont neutres ou à peu près, nous les avons cependant séparés parce qu'ils forment une classe homogène différente de la précédente par la couleur et les propriétés absorbantes. Voici leur épaisseur et leur absorption limite dans le spectre ultra-violet :

Brunal (1 mm. 50) : A, 3.450; B, 3.490; C (3.545);
Dichral (1 mm. 75); : DA, 3.625; DB, 3.625; DC, 3.600;
Umbral (1 mm. 90) : 25 p. 100, 3.440; 50 p. 100, 3.600; 75 p. 100, 3.700.

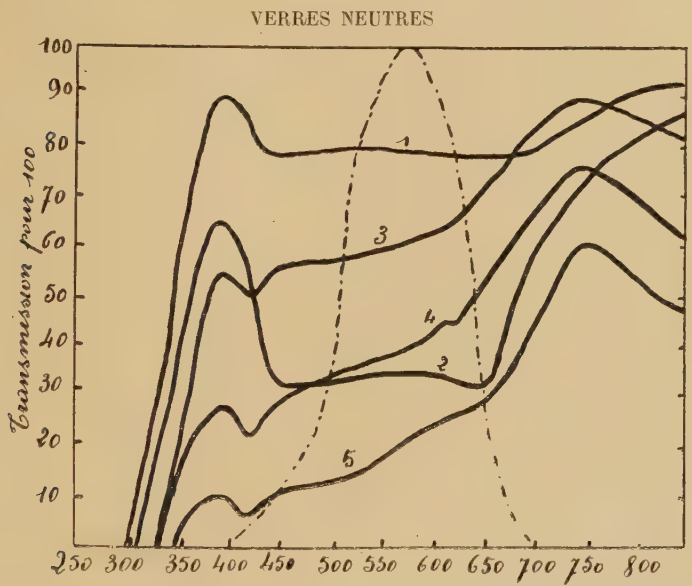

Fig. 2.

1. Verre fumé A. — 2. Verre fumé C. — 3. Verre brun A.
4. Verre brun B. — 5. Verre brun C.

En pointillé : Courbe de luminosité en fonction de la longueur d'onde.

Les verres Umbral sont désignés par la proportion des rayons visibles qu'ils absorbent, au lieu d'être désignés par des lettres comme les autres. Nous n'avons pas à insister sur l'absorption ultra-violette : ces verres, à ce point de vue, sont identiques à ceux déjà étudiés.

La figure 2 est la reproduction de courbes établies à l'Institut d'Optique théorique et appliquée de Paris.

Pour les radiations visibles, nous ne ferons pas le reproche de ci-dessus, ces verres ont une correspondance à peu près parfaite :

Brunal A, Dichral DA et Umbral 25 p. 100 sont identiques et absorbent 25 p. 100 de la lumière visible.

Brunal B, Dichral DB et Umbral 50 p. 100 sont identiques et absorbent 50 p. 100 des radiations visibles, de même Brunal C et Dichral DC et Umbral 75 p. 100, qui absorbent 75 p. 100. Ces verres présentent donc une teinte A qui n'est pas incolore, comme pour les verres fumés. Tous ces verres absorbent uniformément les radiations visibles : ces verres sont neutres.

Quant aux radiations infra-rouges, les verres bruns se distinguent nettement des verres fumés : ils absorbent de 30 à 80 p. 100 des infra-rouges selon la teinte.

Ainsi les verres bruns sont très utiles pour la protection des yeux contre les trois parties du spectre solaire.

Dans la figure 2, nous donnons les courbes d'absorption de trois verres bruns et de deux verres fumés ordinaires.

5° Verres jaunes.

Dans cette catégorie, nous ne possédons que des verres jaunes ordinaires fabriqués par toutes les maisons d'optique, et, à notre connaissance, il n'en n'existe pas de spéciaux. Nous avons quatre teintes de jaune : A, B, C, D. Ces verres, de 2 mm. d'épaisseur, absorbent les radiations ultra-violettes : A jusqu'à 3.010 Å, B et C jusqu'à 3.370, D jusqu'à 3.500; par conséquent, contrairement à la teinte A les autres teintes sont suffisantes pour la protection contre les ultra-violets.

Dans le spectre visible, ils n'atténuent pas d'une façon uniforme toutes les radiations. Ces verres sont surtout transparents pour les longueurs d'onde de 5.700 à 6.000, et même,

si le filtre était d'un jaune pur, il ne devrait transmettre que ce faisceau, mais les verres du commerce ne sont pas monochromatiques; ils laissent passer, en les atténuant presque toutes les radiations visibles, mais ils les absorbent d'autant plus qu'elles sont plus éloignées du jaune dans le spectre. La jaune A absorbe à peu près 20 p. 100; B, 35 p. 100; C, 50 p. 100, et D, 75 à 80 p. 100 des radiations visibles. Enfin, dans le spectre infra-rouge, la transmission est grande et semblable à celle du verre de vitre ordinaire, qui contient un petit total d'oxyde de fer comme une impureté.

En résumé, le jaune laisse passer les radiations les plus éclairantes pour l'œil; cet organe paraît supporter bien mieux le faisceau jaune que celui des autres couleurs. Ainsi, ces verres seront utiles quand on voudra se protéger contre les radiations ultra-violettes, diminuer l'intensité lumineuse tout en conservant le maximum de visibilité.

6° Verres vert jaune ou vert olive.

Dans ce groupe nous trouvons des verres ordinaires appelés Fieuzal (mélange de jaune, bleu et noir de fumée dans des proportions variables) et quelques verres spéciaux qui tirent moins sur la couleur jaune : Dichoraï, Filtrane, Filtray. Voici leurs épaisseur et absorption limite dans l'ultra-violet :

Fieuzal 2 mm. : A, 3.650; B et C, 3.800; D, 3.070;
Dichraï B (2 mm. 8) : 3.665;
Filtrane (1 mm. 75), 3.540;
Filtray (1 mm. 90) : B, 3.537, et C, 3.620.

Ces verres ont une absorption excellente des radiations ultra-violettes sauf le Fieuzal D malgré sa teinte très foncée, mais c'est, sans doute un défaut de fabrication, car dans les travaux que nous avons consultés, on lui attribue la même absorption que pour le Fieuzal B. Nous ferons remarquer

en passant que les verres Fieuzal sont les seuls verres ordinaires pouvant rivaliser avec les verres spéciaux au point de vue des radiations ultra-violettes.

Pour le spectre visible, ils atténuent les radiations jaunes et vertes, donc de 4.900 à 6.000 (faisceau plus étendu que pour les verres jaunes) et ils arrêtent (surtout les Fieuzal), presque complètement les rouges extrêmes, les bleus cyanés et les violets. De ce fait, pour une même teinte, les Fieuzal présentent une absorption plus considérable des radiations lumineuses que les verres jaunes et peut être une atténuation chromatique plus marquée, qui est tout à fait favorable à une perception plus nette des objets.

Filtrane, Dichroraï B et Filtray B correspondent au Fieuzal B, et Filtray C au Fieuzal C. L'absorption des rayons visibles par les différents Fieuzal que nous prenons pour type, correspondent aux différentes teintes jaunes, mais absorbent un peu plus.

Quant aux radiations infra-rouges : la transmission est grande et semblable à celle du verre blanc contenant des impuretés de fer.

Ainsi, cette catégorie sera excellente contre les ultra-violets et très utile pour diminuer l'intensité des radiations visibles tout en gardant une visibilité assez grande.

7° Les verres bleus.

Dans cette catégorie, nous n'avons que des verres ordinaires. Leur absorption dans la région ultra-violette est insuffisante : en effet, le bleu A (2 mm. 60) absorbe jusqu'à 3.150 Å; B et C (1 mm. 50) jusqu'à 3.170 Å, et D (2 mm.) jusqu'à 3.050.

La figure 3 reproduit les courbes établies par le Professeur Coblentz (2-3-4-5), auxquelles nous avons ajouté celle relative au crown blanc ordinaire (1). Ces verres, comme nous le montre cette figure, ont une absorption sélective dans le vert, le jaune, l'orange; tandis que les radiations de 4.000

à 4.900 Å subissent une atténuation beaucoup moindre Ainsi, la zone absorbée est celle de plus grande visibilité, tandis que les deux extrémités du spectre le sont beaucoup moins : donc, absolument le contraire des verres jaunes et vert jaunâtre. Comme nous savons que c'est la zone de plus grande visibilité qui produit l'éblouissement, nous dirons

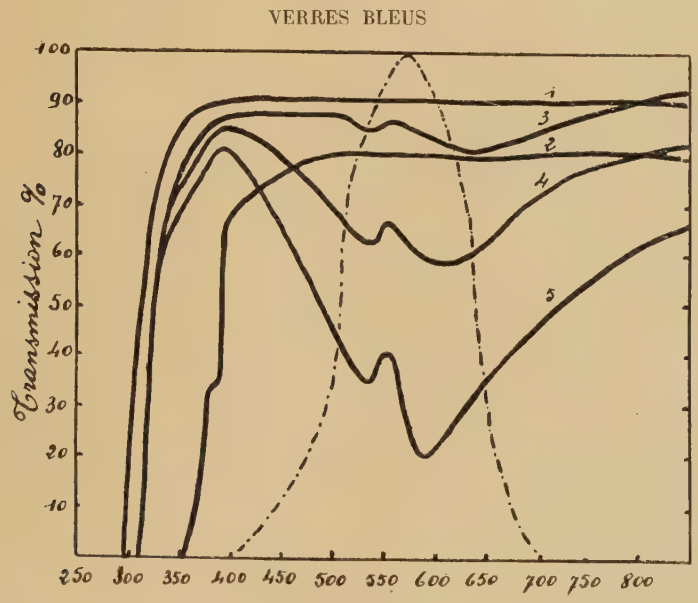

Fig. 3.

1. Verre Crown blanc ordinaire. — 2. Verre Fieuzal A. — 3. Verre Bleu A. — 4. Verre Bleu B. — 5. Verre Bleu C.

En pointillé : courbe de luminosité en fonction de la longueur d'onde.

que les verres bleus sont les verres antiéblouissants par excellence. Pourtant, si nous regardons les prospectus, nous trouvons de nombreuses marques attribuant à leurs verres de couleur autre que le bleu, la propriété d'éviter l'éblouissement. Cela s'explique : pour obvier à cet accident, il suffit, en effet, d'atténuer convenablement la zone de 5.000 à 6.000 Å et un verre fumé foncé, un verre brun, seront antiéblouissants; mais, à égalité d'éclairement, ils ne sont pas comparables aux verres bleus, qui, tout en protégeant aussi

bien contre l'éblouissement, permettent une visibilité générale bien plus grande, ces verres absorbent moins de radiations visibles que les autres.

Les verres bleus sont inefficaces contre les rayons infrarouges.

Donc, les verres bleus n'ont la propriété que d'être antiéblouissants.

Par cette étude, nous constatons que chaque catégorie de verres colorés a des propriétés les distinguant nettement des autres, cette classification simplifie la question des verres colorés du commerce. Mais on pourrait mieux et les fabricants rendraient bien service aux oculistes et opticiens, s'ils mettaient un peu de bonne volonté. Il faudrait, tout d'abord, que les différentes teintes d'une même marque soient indiquées d'une même façon pour tous : la plus simple est la graduation A, B, C, D. De plus, il faudrait que, dans une même catégorie, chaque lettre corresponde dans chaque marque à une absorption identique des radiations visibles : pour les verres bruns, cela est réalisé, pour les verres fumés, il n'en est pas ainsi. Il serait à conseiller que A corresponde à une transmission voisine de 85 p. 100 (verre incolore), B à 60 p. 100, C à 45 p. 100, et D à 30 p. 100. Ces valeurs suffisent pour tous les cas. Mais, nous reconnaissons qu'il faut permettre une certaine tolérance, puisqu'il est extrêmement difficile d'obtenir par la fusion la même absorption pour une même teinte : la tolérance pourrait être de 5 p. 100 de part et d'autre de l'absorption type.

Verres protecteurs contre la lumière artificielle.

Tous les verres dont nous avons parlé sont destinés à protéger la vue contre la lumière solaire. Pour la lumière artificielle, et en particulier la soudure, les fabricants mettent sur le marché des verres dont la couleur tire sur le vert, et d'autres sont des Fieuzal, mais bien plus foncés que

ceux cités plus haut. Il nous a été fourni à ce sujet trois verres spéciaux dits Electrogo : ils sont de teinte vert jaunâtre : l'un, dit électrogo *g* de 1 mm. 3, nous a permis une acuité visuelle de 6/10, il est destiné à la soudure au gaz simple (1.600°); le deuxième, dit électrogo *o*, plus foncé, de 1 mm. 45, nous a permis une acuité visuelle de 1/40, il est destiné à la soudure oxyacétylénique (3.500°); enfin, le troisième, dit électrogo E, encore plus foncé, d'épaisseur 1 mm. 9, ne nous a permis que la perception lumineuse, il est destiné à l'arc électrique (3.800°). Nous avons essayé d'en obtenir les spectres visible et ultra-violet, mais n'avons absolument rien obtenu, aucune radiation n'atteignant la plaque sensible en quatorze secondes. D'après les données qui nous ont été fournies, ces verres ne laissent pratiquement passer aucune radiation inférieure à 4.000 Å, ni supérieure à 8.000 Å, donc éliminent complètement les ultra-violets et les infra-rouges (les verres Fieuzal foncés sont plus transparents aux infra-rouges); quant à la zone visible, ils n'en laissent passer qu'une très faible proportion, variable avec les teintes *g*, *o* et *e*, mais de l'ordre de 1 ou 2 dix-millièmes. Nous nous en sommes servi pour regarder de près un arc électrique pour soudure, vraiment, on ne risque rien et l'on voit juste assez pour pouvoir exécuter le travail. De plus, à cause de leur teinte vert jaunâtre, comme pour les verres Fieuzal employés pour le même usage, le maximum de transparence se trouve dans la zone du maximum de sensibilité de l'œil.

Acuité visuelle avec les verres colorés.

Les verres colorés augmentent-ils ou diminuent-ils l'acuité visuelle ? Nous avons déjà dit que les rayons ultra-violets produisent la fluorescence du cristallin et diminuent ainsi la netteté de l'image rétinienne, par ce seul fait, les verres qui absorbent ces radiations nocives, même les verres spéciaux incolores, augmentent légèrement l'acuité visuelle. Ce

phénomène est encore plus net quand le verre arrête aussi certaines radiations du spectre visible, car le système optique de l'œil présente des aberrations chromatiques. Luckish et Moss ont démontré dans leurs études de photométrie hétérochrome qu'en supprimant la partie bleue du spectre, ils augmentent tant l'acuité visuelle générale, que nous sommes capables de réduire l'intensité de la lumière à la moitié de celle, lorsque sont présents ces rayons, c'est le cas des verres jaunes et vert jaune. De plus, si on ne laisse pénétrer que des radiations appartenant à une petite région du spectre, il va de soi que les images seront plus nettes. C'est encore le cas des verres colorés jaunes ou vert jaunâtre, car ils laissent passer surtout les rayons qui correspondent au maximum de sensibilité de l'œil. L'amélioration de l'acuité visuelle devrait être d'autant plus grande que la région du spectre que le verre laisse passer est plus étroite, mais la couleur de ce qui se trouve au voisinage de l'objet fixé joue un rôle, elle aussi. On peut naturellement augmenter la visibilité d'un objet en arrêtant par un filtre convenable les groupes de rayons émis à la fois par l'objet fixé et son entourage. De cette façon, l'objet visé se détache beaucoup plus nettement de son entourage et peut être mieux distingué. Bien entendu, ces verres ne peuvent répondre qu'à des buts déterminés. Expérimentalement, Mouton a démontré qu'à égalité d'éclairement l'acuité visuelle est toujours plus élevée en lumière jaune qu'en lumière blanche, de 10 à 15 p. 100, et ce phénomène est d'autant plus marqué que la dimension du test est plus faible. A égalité d'acuité, les éclairements nécessaires en lumière jaune seraient inférieurs de 50 p. 100 à ceux en lumière blanche. Les verres jaunes font paraître les lettres plus nettes, sans halo. Il en est de même, mais à un degré plus faible pour les verres genre Fieuzal. Les verres bleus, s'ils n'augmentent pas l'acuité visuelle la diminuent si peu qu'il est difficile de s'en rendre compte. Quant aux verres neutres, ils atténuent fortement la lumière, mais, en même temps, ils atténuent

la visibilité des objets éclairés, cela se comprend : ces verres absorbent bien l'ultra-violet, mais cette suppression est compensée par la perte de luminosité générale, ils ne diminuent pas non plus davantage les rayons bleus que les rayons jaunes et verts qui correspondent au maximum de visibilité.

Vision des couleurs.

Depuis, pour ainsi dire, l'invention des verres colorés, on leur a reproché de modifier profondément la valeur chromatique des objets. Ce fait est d'observation courante et facilement explicable. Si nous regardons un objet blanc, celui-ci prendra un peu la teinte du verre coloré, mais si l'on regarde un objet coloré, une partie des radiations de celui-ci sera arrêtée et l'objet changera davantage de couleur, et cela suivant la composition de la couleur de l'objet. Prenons un exemple : on sait que la couleur jaune, qui correspond à la raie D du sodium, peut être obtenue par le mélange en proportions convenables de radiations vertes V et de radiations rouges R; prenons deux filtres jaunes A et A′ et deux surfaces colorées en jaune B et B′, présentant à l'œil la même couleur jaune, le spectre de B ne contenant que la radiation D, le spectre de B′ ne contenant que les radiations V et R, le filtre A ne laissant passer que la radiation D, et le filtre A′ ne laissant passer que des radiations V et R. La surface B, regardée à travers le filtre A, serait vue jaune (comme à l'œil nu), à travers le filtre A′ qui arrête les radiations D, elle serait vue noire. De même, la surface B′ serait vue noire à travers A et jaune à travers A′. De même, un trait rouge sur fond blanc étant éclairé par de la lumière blanche, si nous le regardons à travers un filtre vert, nous le verrons se détacher en noir sur un fond vert. Si nous regardons ce même trait rouge tracé sur fond blanc à travers un filtre rouge, laissant passer toutes les radiations renvoyées par le trait et arrêtant toutes les autres radiations du spectre, tout le champ nous paraîtra uniformément rouge

et nous ne verrons plus qu'il existe un trait tracé sur le fond. Nous avons cité ces cas extrêmes pour bien montrer pourquoi les verres colorés modifient la valeur des couleurs, mais cet inconvénient est loin de se produire avec la même intensité en employant les verres colorés du commerce. Tout d'abord, les objets que nous rencontrons dans la nature n'émettent que très rarement un faisceau étroit de radiations; dans la grande majorité des cas, ils émettent des radiations de toutes les longueurs d'onde du spectre visible avec une prédominance pour un faisceau de longueur d'onde déterminée leur donnant leur couleur : d'où, par exemple, les innombrables nuances de vert, que nous trouvons dans la nature.

De même, les verres colorés ont une transparence maxima pour les radiations correspondant à leur couleur, mais ils n'arrêtent, en général, qu'une partie des autres radiations : cela provient de la matière colorante. Ainsi, si nous mettons entre notre œil et un objet un verre coloré, quel qu'il soit, des radiations de différentes longueurs d'onde passeront, si bien que la couleur de l'objet sera plus ou moins modifiée, mais ne prendra jamais absolument la même couleur que le filtre et ne sera jamais absolument noire, sauf, évidemment, si l'objet lui-même est noir. Ainsi, par expérience, on constate que les verres jaunes du commerce, tout en enlevant une quantité notable de radiations lumineuses, ne détruisent que peu les valeurs des couleurs, le jaune laisse passer en les atténuant presque toutes les radiations du spectre. Les verres Fieuzal ont une atténuation plus marquée, ils absorbent un peu plus que les verres jaunes le bleu et le rouge, ce qui gêne la vision des objets ayant ces couleurs. Les verres verts, d'après Réveillé-Parise, font paraître les objets : « ternes, sans netteté, d'une couleur sombre, triste, qui diminue, à la vérité, l'intensité lumineuse, mais ne flatte et ne récrée la vue d'aucune manière ».

Les verres bleus atténuent encore plus fortement les radiations rouges. Cette modification est utilisée dans les maga-

sins de tissus en particulier : en effet, la lumière électrique vue à travers un verre bleu présente le même aspect que la lumière du jour; ainsi, en usant de ce stratagème, on peut examiner les tissus à la lumière électrique aussi bien qu'à la lumière solaire.

Les verres vert sombre et vert jaunâtre, qui absorbent surtout les extrémités rouges et violettes du spectre, accentuent le vert de la végétation. Les nuances sombres enlèvent le rouge des fleurs pourpres et rouges, qui apparaissent d'un brun sombre ou presque noir. Les fleurs blanches (chrysanthème) paraissent plus bleues ou teintées de jaune.

Quant aux verres neutres, ils diminuent en masse l'intensité lumineuse, mais ne détruisent pas les valeurs chromatiques : les verres bruns, cependant, affaiblissent légèrement le jaune et intensifient très peu le rouge.

Tout naturellement, les verres modifient d'autant plus la couleur des objets que la teinte est plus foncée. Les verres colorés dans la masse, employés pour amétropies fortes, modifient encore plus la couleur des objets : en effet, un objet uniformément coloré ne le paraîtra plus, car la couleur du verre est plus foncée au centre (verres convexes) ou sur les bords (verres concaves), les verres isochromes, dont nous avons parlé plus haut, n'ont pas cet inconvénient.

CHAPITRE IV

EMPLOI DES VERRES COLORES EN OPHTALMOLOGIE

I. — *Protection des yeux sains contre la lumière solaire.*

Dans des latitudes moyennes, la lumière solaire, en plaine et à des hauteurs moyennes, peut être considérée comme physiologique, et l'œil humain sain n'a en général besoin d'aucun verre protecteur. La situation est, cependant, quelque peu compliquée par des facteurs secondaires variés, les plus importants étant l'intensité de la lumière, la durée de l'exposition, la présence d'éclat, l'occupation ou le commerce.

Plusieurs cas peuvent se produire :

1° Nous voulons simplement préserver l'œil contre l'intensité lumineuse : nous emploierons les verres teintés;

2° Nous voulons préserver l'œil contre l'intensité lumineuse et les rayons ultra-violets;

3° Nous voulons simplement préserver l'œil contre les ultra-violets;

4° Nous voulons préserver l'œil contre les ultra-violets et les infra-rouges. Au lieu d'envisager l'emploi des verres protecteurs sous ces différents aspects, nous préférons étudier leur emploi dans les différentes circonstances où nous pouvons nous trouver.

Etudions tout d'abord le cas le plus fréquent; la lumière intense des chaudes journées d'été nous incommode dans nos occupations ou nos promenades extérieures. Que faire ? Tout d'abord, à ce point de vue, les amétropes ont un avantage sur les autres, car leurs verres arrêtent déjà les radiations ultra-violettes au-dessous de 3.000 Å; mais s'ils portent des

verres incolores en matière filtrante, ils sont encore plus avantagés; tous sont unanimes à convenir qu'ils éprouvent ainsi un adoucissement très agréable, que le crown blanc ne leur offrait pas; l'usage de ces verres spéciaux est à recommander; ils n'ont qu'un seul défaut, ils sont d'un prix plus élevé que les autres. Quant aux emmétropes, faut-il leur recommander de porter des verres périscopiques spéciaux incolores ? Certainement non; il est bien préférable, dans ce cas, de porter des verres teintés, qui adouciront encore plus l'effet de la lumière; d'ailleurs, les amétropes eux-mêmes ne sont pas satisfaits de leurs verres incolores en matière filtrante certains jours où la lumière solaire est par trop intense; ils doivent avoir recours, eux aussi, aux verres colorés. Lesquels employer ? Tout dépend des circonstances où l'on se trouve : pour se promener, on n'a pas besoin d'une très bonne acuité visuelle; les verres neutres seront excellents; la teinte fumée B ou brune A suffira en général, sauf dans les pays tropicaux, où il faudra employer la teinte C ou même D. Ces verres neutres foncés sont excellents contre l'éblouissement; les verres bleus sont bien antiéblouissants par excellence, mais ils ne reposent pas la vue comme les verres neutres. Si tout en diminuant l'intensité lumineuse on veut conserver le maximum de visibilité, les verres jaunes ou vert jaunâtre seront tout indiqués. Enfin, contre les rayons calorifiques extrêmes des jours d'été, les verres vert bleus seront excellents; dans les pays tropicaux ils peuvent être un bon moyen préventif contre la cataracte, qui y est si fréquente. Voici un autre cas qui peut se produire : nous nous promenons en plein été sur une route qui réfléchit très bien la lumière; nous portons des verres assez foncés; si nous voulons lire un journal, par exemple, nous sommes contraints de quitter nos lunettes, et ainsi la lumière nous gêne encore plus à cause du défaut d'adaptation. Contre cet inconvénient, on a fabriqué les verres dégradés : leur coloration diminue d'intensité de la partie supérieure à la partie inférieure; si nous regar

dons au loin, nous voyons à travers la partie supérieure très foncée du verre, et la lumière ne nous gêne pas; si nous voulons lire, nous regardons par la partie inférieure du verre, peu ou pas colorée, et nous lisons aisément; encore risque-t-on d'être ébloui par la réverbération solaire sur le journal ou sur la route que nous regardons à nos pieds. Nous ne trouvons en réalité à ces verres protecteurs aucun avantage sérieux. On a cru que ces verres dégradés seraient utiles aux amétropes; en effet, à l'extérieur, en regardant par la partie supérieure de leurs verres, ils se trouvent à leur aise, et en rentrant chez eux, en regardant par la partie inférieure, ils ne sont encore nullement gênés. Cet avantage nous paraît encore puéril. Il vaut bien mieux pour les amétropes porter des verres correcteurs incolores en matière filtrante, et, s'ils vont au soleil, ils peuvent adapter à leurs lunettes une paire de lames supplémentaires colorées, qu'ils ôtent facilement quand ils ont besoin d'une plus grande luminosité.

Les excursions sur les glaciers exigent des précautions plus grandes que dans les plaines, à cause de l'ophtalmie des neiges, qui guette toujours les sportifs. Nous n'allons pas recommander évidemment les lunettes de corne des Esquimaux, ni les coquilles de noix percées du père de Caron. Allons-nous recommander les verres neutres ? Ils ont plusieurs inconvénients : tout d'abord, ils diminuent considérablement l'acuité visuelle, d'autant plus que les teintes très foncées seules peuvent être employées; ils donnent au paysage une teinte par trop uniforme et par trop funèbre, ce qui n'est pas encourageant pour les sportifs. En tout cas, nous proposons à ceux qui les emploient de porter plutôt les verres bruns. Nous préférons les Fieuzal, qui, à intensité égale, offrent une acuité visuelle plus grande, utile aux alpinistes, et, s'ils déforment plus les couleurs, du moins celles-ci restent plus vivantes. Evidemment, le Fieuzal D seul peut être employé. Il est toujours préférable de munir les lunettes d'un grillage latéral, pour protéger l'œil contre l'accès des rayons lumineux

les plus obliques; il faut aussi des lunettes larges, pour que la buée ne s'accumule pas entre la paupière inférieure et le verre, ce qui obligerait le sujet à enlever souvent ses lunettes : cette minute pourrait suffire à déterminer une kérato-conjonctivite.

Dans le commerce circulent des verres de contact de coloration brune, absorbant 25, 50 ou 75 % de la lumière solaire, et toutes les radiations ultra-violettes au-dessous de 3.500 Å; ces verres sont destinés à protéger les sportifs contre la réverbération de la neige : ils sont excellents, mais ne protègent pas la conjonctive palpébrale; cependant, on en obtiendrait de bons résultats.

II. — ***Protection des yeux malades contre la lumière solaire.***

Si les verres colorés rendent parfois de grands services à des yeux sains, ils sont encore plus utiles à des yeux malades, et en particulier dans les affections aiguës oculaires, qui s'accompagnent le plus souvent de photophobie : conjonctivite, kératite, iritis, ou quand la rétine est lésée ou hypersensible. On emploie dans ces cas des verres fumés ou bruns : la teinte est plus ou moins foncée suivant la susceptibilité du sujet.

Dans les affections chroniques dues à la lumière : les verres spéciaux arrêtant par leur composition les ultra-violets procurent un soulagement appréciable et évitent une irritation chronique de la paupière et des conjonctives.

Il y a beaucoup de gens qui, avec des yeux parfaitement sains, cependant, sont anormaux physiquement ou mentalement; souvent, dans la maladie physique et la neurasthénie, la fonction générale des yeux est diminuée, et chez eux il leur faut un aide : le verre fumé est encore aussi valable que jamais, mais il est un peu déprimant; le Fieuzal ou le jaune convient mieux dans ces cas.

Actuellement, il est fréquent d'ordonner un collyre à l'atro-

pine pendant trois jours pour bien examiner la réfraction oculaire; dans certaines maladies, comme celle de Parkinson, on arrive à donner de l'atropine à forte dose; mais cette substance produit une mydriase considérable, si bien que la pupille ne joue plus le rôle de diaphragme, pour admettre une plus ou moins grande quantité de radiations lumineuses dans l'œil; tandis qu'un sujet normal supportera très bien, par le myosis forcé, une intensité lumineuse assez intense, celui qui a sa pupille paralysée en mydriase sera ébloui; ici encore les verres colorés seront souvent nécessaires : verres neutres si le sujet n'a pas besoin d'une bonne acuité visuelle, sinon verres jaunes ou genre Fieuzal.

Enfin nous terminerons l'emploi des verres colorés contre les radiations solaires par le cas de l'aphakie. Un aphaque ne possède plus cette barrière presque infranchissable aux ultra-violets; ceux-ci atteindront la rétine, la rendront fluorescente, et ainsi gêneront beaucoup la netteté des images, sans parler des lésions rétiniennes possibles. Comme il faut une lentille d'au moins + 10, donc épaisse, une assez grande partie de ces ultra-violets sera arrêtée, mais l'action chromatique d'un tel verre est considérable; il y a une décomposition de la lumière autour des objets. On essaie de remédier à ces inconvénients en prescrivant des verres colorés en jaune ou en vert, de façon à ne laisser passer qu'une seule couleur : celle comprise dans le milieu du spectre; on emploie aussi les verres achromatiques, formés de deux verres spéciaux accolés, mais ils sont lourds et se décollent assez facilement par le choc, si on ne prend pas la précaution de mettre en haut et en bas une double monture qui fait ressort.

Les premiers temps qui suivent l'opération, la rétine, qui a été tenue dans l'obscurité pendant de longs mois, est très sensible aux radiations lumineuses visibles; pendant cette période, on conseille de porter des verres assez foncés : de préférence neutres; malgré tout, la rétine reste toujours un peu sensible, et les aphaques devraient porter à l'extérieur

des verres colorés de teinte moyenne, sauf les jours sombres ou nuageux. Autrefois, le bleu était à la mode chez les opérés de cataracte; évidemment, un tel verre est antiéblouissant, mais insuffisant pour absorber les radiations ultra-violettes.

III. — *Protection des yeux contre la lumière artificielle.*

Examinons tout d'abord le cas le plus courant : l'éclairage électrique, dont l'intensité augmente de plus en plus avec les progrès modernes. Au lieu de se prémunir par des verres, qui sont toujours plus ou moins gênants, il est préférable de modifier la source lumineuse elle-même dans la mesure du possible. En échange direct de lumière, l'ampoule doit toujours être fixée à au moins 35° au-dessus de la ligne du regard. Il est plus intéressant d'utiliser la lumière diffusée soit par la réflexion sur le plafond, soit par l'emploi de verres dépolis : cette lumière est très bien supportée, mais son rendement laisse à désirer : l'intensité doit être très grande pour obtenir une luminosité satisfaisante. Il vaut mieux, pour avoir le maximum d'éclairement avec le minimum de dépense, sans trouble du côté de la vue, entourer la source lumineuse d'un verre jaune ou vert jaunâtre. Ces modifications ne sont pas toujours possibles, en particulier dans les ateliers qui emploient un nombreux personnel; un éclairage, physiologique pour la plupart, peut être nocif pour quelques-uns aux yeux sensibles. Pour le travail à la lumière artificielle, les verres jaunes ou verts sont excellents : il est même reconnu que la fatigue résultant d'un texte en lumière jaune est inférieure à 30 % par rapport à celle en lumière blanche.

Le cas des automobilistes est un peu spécial. Comment éviter l'éblouissement produit par la réverbération de la lumière solaire sur une route, et surtout comment éviter l'éblouissement nocturne produit par les phares d'une automobile venant en sens inverse ? Ici les verres bleus ont toute leur importance : en effet, ce sont eux qui empêchent le

mieux cet accident, tout en conservant le maximum de luminosité : un verre bleu accolé au pare-brise est un excellent moyen prophylactique. Le chauffeur peut très bien, en temps ordinaire, regarder à travers le pare-brise seul, et à travers le verre coloré convenablement placé quand l'intensité lumineuse le gêne. L'ingénieur Monton a proposé un moyen encore plus rationnel et plus commode pour la conduite des automobiles la nuit, en modifiant les phares eux-mêmes : il a en effet constaté une réduction nette de l'éblouissement par l'application du verre jaune au sulfure de cadmium, à la fabrication des ampoules de lampes pour projecteurs d'automobiles; bien mieux, l'augmentation de portée due à l'emploi de la lumière jaune peut atteindre 15 % en atmosphère limpide.

L'ophtalmie des artistes de cinéma est due aussi à l'éclairage électrique, mais d'un genre spécial. Comme nous l'avons dit, la prise de vue effective est courte, mais les préparatifs et les répétitions sont interminables, aussi il semblerait aisé de protéger la vue par des verres colorés durant cette longue période; on nous fait l'objection que les lunettes abîment les maquillages : l'utilisation de montures spéciales pourrait éviter cet inconvénient. D'ailleurs, les artistes ne sont pas tous maquillés, plusieurs ne le sont que très peu : pourtant, ils ne portent jamais de lunettes, il en est de même pour l'ouvrier qui travaille à la meule à l'émeri : il sait très bien qu'il risque des accidents sérieux, mais il ne met ses lunettes que lorsqu'un chef le regarde. Puisqu'il est difficile de protéger les yeux par des lunettes, on a proposé d'éliminer les rayons nocifs en plaçant des écrans devant les sources lumineuses : l'interposition de verres, même blancs, serait efficace, mais ils diminuent la puissance d'éclairage de 20 à 25 p. 100.

En général, les patrons ne veulent pas s'occuper de cette prophylaxie qui leur occasionne des dépenses et diminue tant soit peu le rendement; d'ailleurs, comme les candidats aux divers rôles sont très nombreux et que les élus,

dans ces conditions, sont des privilégiés, ils ne formulent aucune réclamation; de plus, les patrons font signer aux artistes des contrats dans lesquels ceux-ci s'engagent à ne pas se réclamer de la loi sur les accidents de travail de 1898, en cas d'accidents. Ainsi, les artistes ne se protègent jamais les yeux; ils se contentent de soigner leur ophtalmie.

Quelques-uns, cependant, ont l'habitude d'instiller de temps en temps quelques gouttes d'huile de ricin, mais cette précaution n'est pas toujours efficace. Mme Ramart recommande toutes les dix minutes d'instiller une goutte de diphényl maléate d'éthyle dans de l'huile de ricin, dans la proportion de 2,9 p. 100; ce produit est très bien supporté et serait très efficace; évidemment l'obligation où l'on se trouve de renouveler très souvent l'opération est un grand inconvénient; et nous ne croyons pas que les artistes pour qui le port de lunettes est gênant, pourraient supporter toutes les dix minutes cette instillation.

Pour la protection des soudeurs, il s'agit de supprimer toutes les radiations invisibles et de diminuer considérablement les radiations visibles éblouissantes. Les verres vert jaunâtre foncé (genre Fieuzal) remplissent mieux que les autres ces conditions, surtout si on les emploie sous une certaine épaisseur : en effet, ils sont parfaits au point de vue de l'absorption des rayons ultra-violets, ils atténuent énormément la zone visible du spectre tout en conservant une visibilité suffisante, comme nous l'avons dit plus haut; malheureusement, leur transparence est assez grande dans la région infra-rouge, inconvénient que ne possèdent pas les verres électrogo. Malgré tout, ils peuvent suffire. Les soudeurs ne travaillent pas tous dans les mêmes conditions : en effet, le chalumeau est à une température de 1.600°, tandis que l'arc électrique atteint 3.800° : des verres suffisants pour le premier genre de travail ne sont pas assez foncés pour le second. La densité optique d'un verre est proportionnelle à son épaisseur, un verre de 2 mm., qui laisse passer 1/10 des radiations incidentes, n'en laissera passer

que 1/100 à 4 mm.; or, l'épaisseur du verre importe peu pour un soudeur, aussi, pour modifier l'absorption des radiations suivant les circonstances, il suffit d'augmenter l'épaisseur. Comme ces verres sont d'un prix assez élevé, certains ouvriers ont l'habitude d'adjoindre à leur face antérieure une plaque de verre de vitre ordinaire facile à renouveler, car les projections métalliques de l'arc abîmeraient rapidement le verre protecteur.

Quant à la prophylaxie de la cataracte du feu, les verres vert bleuâtre sont, en général, amplement suffisants, mais on recommande de les munir d'un treillis métallique protecteur s'adaptant aux rebords de la cavité orbitaire. Ces verres ont l'avantage de ne diminuer que très peu l'acuité visuelle.

Les bains de lumière donnés actuellement sur une grande échelle au moyen des sources lumineuses artificielles exigent parfois un verre protecteur contre le rayonnement ultraviolet. On emploie souvent, à cet effet, des verres d'une opacité telle que pendant l'application du traitement, les infirmiers, ou du moins les malades, ne peuvent s'occuper à quoi que ce soit : verres Fieuzal ou fumés très foncés. Les verres spéciaux légèrement neutres sont tout aussi efficaces, et ainsi les malades peuvent lire : avantage qui n'est pas à dédaigner; malheureusement, ces derniers verres sont d'un prix beaucoup plus élevé.

IV. — *Emploi des verres colorés en dehors de la protection des yeux.*

Quand on parle de verres colorés en ophtalmologie, on songe immédiatement à la protection contre les radiations nocives, mais il existe d'autres usages que nous ne pouvons laisser passer sous silence avant de terminer ce travail.

Pour l'examen du fond d'œil, on a essayé par des filtres colorés d'éliminer de la source lumineuse certaines radia-

tions nuisibles à la netteté des lésions. En 1907, déjà, le professeur André Broca écrivait : « L'étude des éruptions m'a montré que la peau saine diffuse le rouge aussi bien que les taches éruptives et que les différences se produisent par la différence de diffusion des radiations très réfrangibles (bleu et violet). Quand nous regardons une éruption, nous cherchons à distinguer des plages différenciées par des radiations bleues et lavées d'une teinte rouge commune appelée teinte parasite. On augmente donc la visibilité des éruptions d'une manière considérable en les observant avec des verres bleus qui absorbent la teinte parasite. » De même, ces dernières années, on a éclairé le fond de l'œil avec de la lumière exempte de radiations rouges, lumière obtenue à l'aide du filtre de Vogt, ne laissant passer que les radiations dont les longueurs d'onde sont comprises entre 420 et 600 mμ, et cette ophtalmoscopie en lumière anérythre permet de mettre en évidence certains détails de la rétine. Tout dernièrement, Bichelonne a proposé l'emploi des verres jaunes au sulfure de cadmium dans l'examen du fond d'œil : cet examen serait plus facile, la pupille moins vivement heurtée que par la lumière blanche, se rétrécit moins, la rétine paraît plus sombre, d'une teinte orangée soutenue; les vaisseaux rétiniens, la papille, se détachent plus nettement, il en est de même des lésions rétiniennes ou choroïdiennes. Bichelonne propose aussi ces mêmes verres dans l'éclairement des échelles murales d'acuité visuelle pour la vision de loin et des textes pour la vision de près, la lumière sélective rend plus facile la lecture et fait gagner 1/10 d'acuité visuelle surtout en chambre noire, de plus cette lumière fatigue moins la rétine.

Pour dépister la simulation, les oculistes ont souvent recours à des textes diversement colorés sur un fond blanc et les présentent au sujet examiné, devant les yeux duquel ils ont placé des verres de couleur.

Les verres colorés sont encore employés pour obtenir la notion du relief. On place devant le sujet deux vues sté-

réoscopiques superposées, dans lesquelles l'image destinée à l'œil droit est rouge, par exemple, l'image destinée à l'œil gauche étant verte : vues à l'œil nu, ces images paraissent confuses, mais si on place un verre vert devant l'œil droit et un verre rouge devant l'œil gauche, chacune des images n'est plus vue que par l'œil auquel elle est destinée; alors la confusion disparaît et on obtient la vision du relief. Cette question est à l'ordre du jour : en effet, on commence à projeter dans les cinémas des films en relief qui sont destinés à obtenir une grande vogue.

Nous avons vu que les verres teintés permettent à l'œil de discriminer deux surfaces colorés qu'il confondrait en les regardant directement. Cette propriété a été utilisée pour corriger le daltonisme. On sait depuis longtemps que l'emploi d'un verre rouge et d'un verre vert permet aux daltoniens de distinguer entre elles des couleurs qu'ils confondraient en les regardant à l'œil nu et que ce procédé peut rendre de grands services aux chimistes daltoniens quand ils ont à apprécier la couleur d'un précipité ou d'un réactif coloré; de même, aux histologistes dans l'examen au microscope de coupes colorées de tissus animaux ou végétaux. On peut donner, de ce fait, une explication un peu grossière, mais très simple, en remarquant que, si un daltonien confond un objet rouge et un objet vert qu'il regardera à l'œil nu, un verre vert placé devant son œil lui fera voir l'objet rouge plus sombre que l'objet vert; le résultat sera inverse s'il se sert d'un verre rouge. Césarini, daltonien, fit des expériences qui paraissent probantes : il reproduisit à l'œil nu des gravures coloriées, il obtint des aquarelles « désastreuses »; mais en se servant de verres ordinaires rouges, verts, jaunes et bleus, il analysa les couleurs si bien qu'il put reproduire très exactement les teintes de la gravure. Ainsi, il conviendrait de recommander aux daltoniens l'emploi des filtres colorés, qui sont susceptibles de leur rendre dans certains cas de grands services.

CONCLUSIONS

I. — Les radiations visibles intenses peuvent déterminer de l'éblouissement et de l'érythropsie; les radiations ultra-violettes inférieures à 0 μ 320 peuvent causer de la kérato-conjonctivite; les radiations infra-rouges courtes peuvent produire la cataracte.

II. — Les verres incolores spéciaux, qui n'ont pour ainsi dire aucune action sur les radiations visibles ni sur les infra-rouges, sont très efficaces contre les radiations ultra-violettes; ils produisent sur l'œil une impression de bien-être notable, propriété que ne possède pas le verre crown blanc ordinaire, aussi faudrait-il les conseiller à tous les amétropes.

III. — Les verres vert bleuâtre sont très efficaces contre les ultra-violets et les infra-rouges, sans action sur les radiations visibles; ils sont à conseiller contre la cataracte et même comme verres correcteurs ordinaires.

IV. — Les verres fumés atténuent uniformément les radiations visibles; ils sont insuffisants contre les infra-rouges; enfin seuls les verres fumés spéciaux sont efficaces pour la protection contre les ultra-violets. Leur emploi est utile en été, en particulier sur la mer, en montagne; ils sont à conseiller dans les affections qui s'accompagnent de photophobie et après l'opération de la cataracte.

V. — Les verres bruns sont très efficaces contre toutes les radiations; ils atténuent uniformément les radiations visibles. Ils ont le même emploi que les verres fumés, mais leur sont préférables lorsque la lumière est très intense : donc aux colonies et sur les cimes neigeuses.

VI. — Les verres jaunes ne sont utilisables que pour atténuer les radiations visibles, tout en permettant une acuité visuelle excellente; les ampoules des phares d'automobiles devraient être teintées au sulfure de cadmium.

VII. — Les verres vert jaunâtre, genre Fieuzal, sans action sur les infra-rouges, sont efficaces contre les ultra-violets; ils atténuent fortement les radiations visibles tout en permettant une acuité visuelle satisfaisante : ce sont les verres des skieurs et des soudeurs autogènes.

VIII. — Les verres bleus sont uniquement anti-éblouissants, donc à conseiller pour la conduite des automobiles.

IX. — Les verres colorés, sauf les fumés, augmentent l'acuité visuelle, mais modifient un peu les valeurs des couleurs et d'autant plus qu'ils sont plus foncés.

SERMENT

En présence des Maîtres de cette Ecole, de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Reconnaissant envers mes Maîtres, je tiendrai leurs enfants et ceux de mes confrères pour des frères, et, s'ils devaient apprendre la médecine ou recourir à mes soins, je les instruirais et les soignerais sans salaire ni engagement.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir heureusement de la vie et de ma profession honoré à jamais parmi les hommes; si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.

Vu : *Le Doyen*,
PIERRE MAURIAC.

Vu, bon a imprimer :
Le Président,
M. TEULIERES.

Vu et permis d'imprimer :
Bordeaux, le 10 juillet 1936.
Le Recteur de l'Académie,
A. TERRACHER.

BIBLIOGRAPHIE

Ahlenstichl (H.), Sachs (E.) et Streekfuss (H.). — Emploi de filtres dans le daltonisme. *Annales d'oculistique*, oct. 1931.

Alkinson (E.-L.). — La cécité des neiges : causes, effets, lésions, prévention et traitement. *British ophtalmological Journal*, janv. 1921.

Bedel (Ch.) et Gestean (P.). — L'absorption des radiations ultra-violettes par les verres de lunetterie. *Journal de pharmacie et de chimie*, 1er sept. 1935.

Bichelonne. — Quelques verres pour opérés de cataracte. Société belge d'ophtalmologie, séance du 24 avril 1932.

Birch, Hirschfeld et Stimmel. — Contribution à l'étude des lésions de l'œil dues à l'éblouissement. *Von Graefe's Archiv für ophtalmologie*, sept. 1915.

Boussi (P.). — Action des rayons solaires et de la lumière artificielle sur l'œil. *Journal de médecine de Paris*, 21 mars 1927.

— De la préservation des yeux contre la lumière et les radiations nocives par les verres spéciaux. *Journal de médecine de Paris*, 15 mars 1928.

Broca. — Précis de physique médicale. Paris, J.-B. Baillière, 1907.

— Etude des principales sources de lumière au point de vue de l'hygiène de l'œil. *Bulletin de la Société internationale des électriciens*, t. 8, n° 60.

Carreras. — Ophtalmie électrique. *Archivos d'ophtalmologia hispano-américans*, mars 1928.

Chappé. — Conjonctivite chez les artistes de cinéma. *Annales d'oculistique*, juill. 1920.

Clerc (J.). — Emploi de verres spéciaux pour éviter l'ophtalmie électrique. Grenoble, Allier frères, édit.

Coblentz (W. W.). — L'élimination de l'éclat vif. *J. A. M. A.*, 23 août 1930.

— Transmissive properties of tinted lowes. *Am. J. of Ophtalmology*, oct. 1932.

— Tinted lenses, present deal. *J. A. M. A.*, 14 avril 1934.

Colombo (Gian Luigi). — La thérapeutique de la conjonctivite printanière. La lumière, cause déterminante de la maladie. *Annales d'oculistique*, mars 1931.

Couvreux (J.). — L'éblouissement visuel. *Bulletin de la société française des électriciens*, n° 60, août 1926.

Damel (C.-S.). — Pro que receto cristales que den imagenes punctuales absorbasuel 60 p. 100 de los rayos ultravioletas, color verde O. O. *Revista de espécialidades*, nov. 1930.

Dufour (M.). — L'emploi des filtres colorés et la vision des couleurs. *Annales d'oculistique*, nov. 1924.

Ginella. — Recherches expérimentales sur la formation de la cataracte par les rayons infra-rouges auxquels du rouge est ajouté. *Annales d'oculistique*, juill. 1928.

Goldmann (Hans). — La genèse de la cataracte des verriers. *Annales d'oculistique*, janv. 1935.

— La physique de la cataracte du feu. *Annales d'oculistique*, nov. 1935.

Gonin (J.). — L'ophtalmie des neiges. *Annales d'oculistique*, sept. 1908.

Granat (E.). — Rapport à la Société française des électriciens sur l'éclairage des studios, 24 févr. 1922.

Gros. — L'éblouissement rétinien. Thèse de Paris, 1932.

Halphen (A.). — Moyens de protection des yeux exposés aux rayons ultra-violets. Thèse de Paris, 1930.

Hartinger (H.). — Action des rayons ultra-violets et infra-rouges sur l'œil et les verres protecteurs correspondants. Congrès des opticiens à Cologne, 2 juill. 1928.

Heine (L.). — Recherches cliniques sur l'action de certains verres sur le sens lumineux de l'homme et ses troubles. *Annales d'oculistique*, juill. 1929.

Hess (De) (Munich). — Affections de l'œil produites par l'exposition à la lumière excessive. *Annales d'oculistique*, oct. 1913.

Hoeve (J.). — Lésions oculaires produites par la lumière riche en rayons ultra-violets. Cataracte sénile, dégénérescence sénile de la macule. *Am. J. of ophtalm.*, mars 1920.

Jeune. — Héliothérapie artificielle. Thèse Lyon, 1917.

Kraupa (E.). — La cataracte des souffleurs de verre. *Annales d'oculistique*, juill. 1930.

Lawson (Arnold). — Tints and their value. *Archiv. of ophtalm. N. Y.*, 1925, LIV.

Lossouarn (J.-L.). — Des verres colorés. Thèse Bordeaux, 1908-1909.

Monpillard. — Etude relative aux sources de lumière artificielle et aux verres utilisés en lunetterie au point de vue des radiations ultra-violettes. Soc. ophtalm. de Paris, 5 avril 1910.

Moreau (F.). — Ophtalmie électrique. *Annales d'oculistique*, août 1916.

Mouton (M.). — Recherches sur les propriétés physiques et les effets physiologiques d'une lumière colorée. Thèse de doctorat ès sciences de Caen, 1935.

Mullen (Mc). — Les effets nocifs de la lumière sur l'œil. *Ophtalmic Review*, avril 1910.

Pech. — Eclairage électrique et radiations. *Presse médicale*, 1er mars 1924.

Quaglio. — Action des ultra-violets sur l'acuité visuelle. *Annali di ottalmologie e di clinica oculistica*, août 1922.

Redway (M. D.). — Light transmission by colored spectacles lenses in visible spectrum. *Am. J. ophtalm.*, déc. 1928.

Richard (H.). — Les lunettes à travers les âges. Thèse de Paris, 1933.

Roy (J.-N.). — Eblouissement électrique (quelques considérations médico-légales. *Annales d'oculistique*, juin 1928.

Schanz et Stockhausen. — De l'éblouissement. *Annales d'oculistique*, mars 1911.

— Les effets nuisibles des radiations à courte longueur d'onde sur l'œil. *Annales d'oculistique*, nov. 1911.

Schanz. — Les verres colorés comme moyen de protection contre la neige et la lumière. *Ophtalmology*, janv. 1913.

— Sur les altérations et les lésions oculaires par les rayons lumineux invisibles. *Von Graefe's Archiv für ophtalm.*, 9 déc. 1913.

— Lésions de la rétine par la lumière ultra-violette. *Von Graefe's Archiv für ophtalm.*, mars 1922.

— La teneur de la lumière en ultra-violets. *Von Graefe's Archiv für ophtalm.*, mars 1922.

— La teneur de la lumière en rayons ultra-violets. *Annales d'oculistique*, mars 1924.

Shoji (Y.) (de Tokyo). — Etude photochimique de l'absorption des rayons ultra-violets à travers les milieux oculaires. *Annales d'oculistique*, mars 1923.

Sichel (Alan). — Cataracte dite « des souffleurs de verre », survenue dans d'autres occupations. *The British journal of ophtalm.*, avril 1923.

Stock (Iena). — La question des verres protecteurs. Société d'ophtalmologie d'Heidelberg, XXXVII[e] Congrès, du 3 au 5 août 1912.

Strohl (A.). — Précis de physique médicale. Paris, Masson, 1935.

Toulant. — Recherches cliniques et expérimentales sur les lésions cornéennes de l'ophtalmie électrique. Société d'ophtalmologie de Paris, févr. 1926.

— Contribution à l'étude de l'ophtalmie des soudeurs autogènes. Pathogénie, symptômes et prophylaxie. Société d'ophtalmologie de Paris, avril 1926.

— Les rayons ultra-violets en ophtalmologie, action sur le segment antérieur de l'œil. Edition des Presses universitaires de France, 1926.

Valois et Lemoine. — Troubles consécutifs à l'observation directe de la dernière éclipse de soleil. *Revue générale d'ophtalmologie*, août 1912.

Villain (A.). — La protection des yeux des soudeurs et du personnel soumis aux rayonnements de fortes sources lumineuses et caloriques. *Opticien français*, déc. 1933.

VOEGE. — De l'action des rayons ultra-violets sur l'œil. *Von Graefe's Archiv of ophtalm.*, avril 1909.

VOGT. — Critiques de différents travaux concernant les verres absorbant les ultra-violets. *Archiv. für Augenheilkunde*, oct. 1909.

— L'ultra-violet contribue-t-il à provoquer la cataracte des verriers ? *Annales d'oculistique*, sept. 1933.

ZADE. — Sur l'éblouissement chez les aviateurs. Réunion de la Société d'ophtalmologie d'Heidelberg, 31 juillet au 1er août 1916.

19703. — Bordeaux, Imprimerie Centrale Delmas, 6, place Saint-Christoly. — 1936.